

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Ивановский государственный химико-технологический университет

О.В. Козлова, О.И.Одинцова

## **ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ОТДЕЛКЕ ТЕКСТИЛЯ**

Учебное пособие

Иваново 2013

**Козлова, О.В.**

Экологические проблемы в отделке текстиля: учебное пособие / О.В. Козлова, О.И.Одинцова; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2013. – 225 с.

В учебном пособии изложены вопросы, касающиеся общих понятий и проблем экологии, основные критерии оценки качества природной среды. Особое внимание уделено вопросам экологического мониторинга, характеристике замкнутых водооборотных систем рационального природопользования, видам промышленных сточных вод и методам их очистки. Приведены примеры расчетов экономических показателей природоохранных мероприятий, правовые основы экологии.

Более подробно представлены в учебном пособии основные виды загрязняющих веществ текстильного отделочного производства, такие как тяжелые металлы, красители, ПАВ, хлопковая пыль, обозначены проблемы диоксинов в текстильной промышленности и пути их решения.

Предназначено для студентов химиков-технологов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 240100 «Химическая технология и биотехнология» в рамках курса «Экологические проблемы отделочного производства», желающих повысить свою профессиональную грамотность в области проблем экологии в текстиле, а также для специалистов предприятий и организаций.

Табл. 42. Ил. 27. Библ.: 78 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

*Рецензенты:*

кафедра химии Ивановского государственного университета технологии и сервиса; доктор технических наук, профессор А.П. Морыганов (Институт химии растворов РАН).

© Козлова О.В., Одинцова О.И., 2013

© ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 2013

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	Введение в экологию	5
1.1.	Общие понятия экологии	5
1.2.	Основные законы и проблемы экологии	7
1.3.	Основные виды загрязнения природной среды	8
2.	Основные критерии оценки качества среды	11
3.	Экологический мониторинг	16
4.	Охрана гидросферы	22
4.1.	Характеристика гидроресурсов и сточных вод	22
4.2.	Характеристика замкнутых водооборотных систем	27
4.3.	Виды промышленных сточных вод и методы очистки воды	29
4.3.1.	Механическая очистка	30
4.3.2.	Физико-химическая очистка	35
4.3.3.	Химическая или реагентная очистка	35
4.3.4.	Биохимическая очистка	38
4.3.5.	Удаление остаточных органических веществ	44
4.3.6.	Специальные методы очистки воды	45
5.	Основные виды загрязняющих веществ текстильного отделочного производства и методы их очистки.	49
5.1.	Тяжелые металлы	51
5.2.	Диоксины в текстильной промышленности	73
5.3.	ПАВ в текстиле. очистка стоков от пав	83
6.	Охрана атмосферы	103
6.1.	Основные компоненты и загрязнители атмосферы	103
6.2.	Физико-химические методы очистки атмосферы от газообразных загрязнителей	114
6.3.	Выбросы текстильных предприятий и их очистка	117
6.3.1.	Методы сухой очистки газов от пыли	118
6.3.2.	Мокрая очистка газов от пыли	121
6.3.3.	Характеристика хлопковой пыли	126
7.	Охрана литосферы	130
7.1.	Загрязнение литосферы твердыми отходами	130
7.2.	Твердые бытовые отходы и их утилизация	130
7.3.	Твердые промышленные отходы и их переработка	133
8.	Рациональное природопользование	137
8.1.	Основные понятия	137
8.2.	Понятие безотходного производства	138
9.	Расчет экономических показателей природоохранных мероприятий	144
9.1.	Оценка экономической эффективности	144

	природоохранных мероприятий	
9.2.	Расчет ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения атмосферы	148
9.3.	Укрупненная оценка ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения водоемов	159
9.4.	Расчет ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения поверхности Земли	162
9.5.	Применение нормативов платы за загрязнение природной среды на территории Российской Федерации	166
9.6.	Расчет платы за загрязнение земель химическими веществами и несанкционированными свалками отходов	167
10.	Правовые основы экологии	171
10.1.	Основные понятия	171
10.2.	Формы экологического управления и контроля в Российской Федерации	172
10.3.	Международные экологические отношения	175
	Список использованной литературы	179
	Приложения	184

## 1. Введение в экологию

### 1.1. Общие понятия экологии

Экология - наука об отношениях живых организмов и образуемых ими сообществ между собой и с окружающей средой.

Вид - естественная биологическая единица с общим генофондом.

Особь - наименьшая единица одного биологического вида.

Популяция - совокупность особей одного вида, длительное время занимающая определенное пространство и воспроизводящая себя в ряду многих поколений.

Сообщество - все популяции живых организмов, занимающие определенную территорию и взаимодействующие между собой.

Пищевые (трофические цепи) - последовательность организмов (микроорганизмов, растений, животных), в которой каждое предыдущее звено служит пищей для последующего.

Пищевые цепи (рис. 1) включают в себя следующие звенья

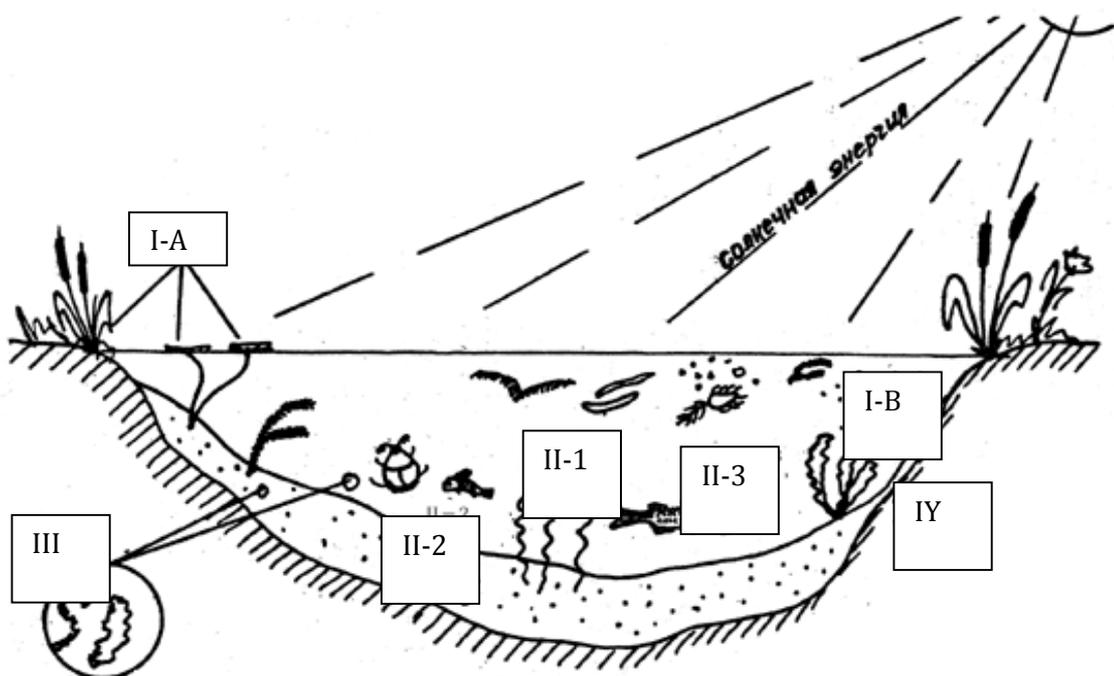


Рис. 1. Схематическое изображение основных компонентов экосистемы пруда по Ю.Одуму: I - продуценты (А - прикрепленная растительность; В - фитопланктон); II - консументы (1 - первичные, 2 - вторичные, 3 - третичные); III - редуценты; IV - абиотическая среда

1. Продуценты – фото- и хемосинтезирующие организмы, создающие первичную продукцию (образование крахмала и органических веществ в клетках растений).

2. Консументы – потребители органического вещества:

а) растительноядные животные (фитофаги) – первичные консументы;

б) плотоядные животные (хищники) - вторичные консументы.

3. Редуценты – разрушители мертвого органического вещества (грибы, простейшие одноклеточные организмы).

Биоценоз – совокупность растений, животных и микроорганизмов, населяющих определенный участок суши или водоема и характеризующихся определенными отношениями между собой.

Биотоп – пространство, занимаемое биоценозом (атмосфера, почва, водоемы и т.д.).

Экосистема – основная функциональная единица в экологии, единый природный комплекс, образованный живыми организмами (биоценозом) и средой их обитания (биотопом), в которой живые (биотические) и косные (абиотические) компоненты связаны между собой обменом веществ и энергии.

Биогеоценоз – однородный участок земной поверхности с определенным составом живых и косных (приземный слой атмосферы, солнечная энергия, почва и т.д.) компонентов и динамическим взаимодействием между ними (обмен веществ и энергии).

Понятие биогеоценоза как частного случая экосистемы было введено советским биологом В.Н.Сукачевым. Экосистема может быть искусственной (город, оранжерея, зоопарк, аквапарк и т.д.), тогда как биогеоценоз – это обязательно естественная экосистема, даже если она подвергается антропогенному воздействию.

Экологическая ниша – определенное место, занимаемое видом в природе.

Экологическая ниша включает в себя не только физическое пространство, занимаемое организмом (местообитание), но и функциональную роль организма в сообществе. Она зависит не только от того, где живет организм, но что он делает и как он ограничен другими видами. По выражению Ю.Одум, «местообитание – это адрес организма, а экологическая ниша – его занятие в системе видов, частью которой он является».

Экологический фактор – это отдельные компоненты или свойства среды, которые оказывают определенное воздействие на организм.

Различают следующие составляющие экологического фактора:

1) абиотические факторы – это температура, излучение, давление, влажность, радиоактивность и т.д.;

2) биотические факторы – это все возможные факторы воздействия живых организмов друг на друга;

3) антропогенные факторы – это все виды деятельности людей, приводящие к изменению среды обитания.

Биосфера – это структурная оболочка Земли, созданная самой жизнью, преобразованная живыми организмами и связанная с их жизнедеятельностью.

Биосфера – самая крупная экосистема, т.е. экосистема Земли в целом.

Различают три типа веществ в биосфере:

- 1) косное (тропосфера, гидросфера, литосфера);
- 2) биокосное (компоненты неживой природы, преобразованные живыми организмами);
- 3) живое (биота).

Ноосфера – земное планетарное и космическое пространство, преобразуемое и управляемое человеческим разумом, который гарантирует всестороннее прогрессивное развитие человечества.

Ноосфера – это последнее эволюционное состояние биосферы. Это понятие ввел В.И.Вернадский в середине тридцатых годов. Он также сформулировал условия, необходимые для перехода биосферы в ноосферу:

- 1) единое экономическое и информационное поле всего человечества;
- 2) полное равенство рас;
- 3) прекращение войн между народами.

## **1.2. Основные законы и проблемы экологии**

Человечеству понадобилось примерно 5 млн лет, чтобы его численность достигла 1 миллиарда. Затем понадобилось всего 50 лет (1920-1970 гг.), чтобы его численность удвоилась, т.е. возросла от 1,8 млрд. до 3,5 млрд человек. В 1987 г. численность населения Земли составляла 5 млрд человек. К середине этого столетия она может составить 12-14 млрд человек.

За всю историю существования человечества исчезло около 150 видов млекопитающих, из которых более 40 видов исчезли за последние 50 лет. За прошедшие 30 лет пропало более 40 видов и 40 подвидов птиц. Под воздействием человека изменилась и абиота (все неживое на Земле).

Экология как наука является теоретической основой охраны окружающей среды и рационального природопользования. Законы экологии были сформулированы в 1926 году американским экологом Б. Коммонером и по своей сути являются законами природы. Они сводятся к четырем основным принципам, объясняющим устойчивое развитие природы и призывающим человечество руководствоваться ими в своем воздействии на окружающую среду.

1. Все взаимосвязано. Биосфера Земли является равновесной экосистемой, в которой все отдельные звенья взаимосвязаны и дополняют друг друга. Нарушение какого-либо звена влечет за собой изменения в других звеньях. Например, следствием вмешательства

человека в природу явилось исчезновение видов и уменьшение видового разнообразия в биоте.

2. Все должно куда-то деваться. Этот принцип вытекает из закона сохранения материи. Ничто в природе не исчезает, а лишь переходит из одной формы существования материи в другую.

3. Природа знает лучше. Человечество прошло гораздо более короткий путь развития, чем биосфера Земли. За многие миллионы лет существования биосферы Земли полностью сформировались связи, механизмы и ее отдельные звенья. Необдуманное и безответственное вмешательство людей в природу может привести к уничтожению отдельных связей между звеньями экосистемы и к невозможности возврата экосистемы в первоначальное состояние. Поэтому человечество должно научиться жить в согласии с природой.

4. За все надо платить. Всякая экосистема представляет собой единое целое, в котором нет ничего лишнего. Все, что человечество забирает из экосистем для удовлетворения своих нужд, должно быть возвращено или возмещено.

В соответствии с программой ООН по проблемам окружающей среды (ЮНЕП) глобальными экологическими проблемами, возникшими в наше время в результате антропогенной деятельности, являются следующие:

- 1) изменение атмосферы и климата;
- 2) изменение гидросферы;
- 3) изменение литосферы - использование и добыча полезных ископаемых и землепользование;
- 4) изменение биоты (растительного и животного мира);
- 5) изменение в сельском и лесном хозяйстве;
- 6) демографические проблемы, в том числе проблема производства продуктов питания;
- 7) урбанизация - проблемы населенных пунктов;
- 8) влияние окружающей среды на здоровье человека;
- 9) проблема развития промышленного производства;
- 10) проблемы, связанные с производством и потреблением электроэнергии;
- 11) проблемы, связанные с развитием транспорта;
- 12) проблемы, связанные с воздействием войн на окружающую среду, а также возможные экологические последствия войн.

### **1.3. Основные виды загрязнения природной среды**

Чтобы обеспечить свое существование, человечество должно иметь пищу, воду, кров, одежду и т.д. Все это с неизбежностью предполагает образование различного рода отходов, которые поступают в окружающую среду. Во избежание ненужного, а порой и непоправимого ущерба, наносимого природной среде, такое

воздействие должно тщательно планироваться. При этом следует сочетать удовлетворение потребностей человека с активной защитой природной среды от последствий человеческой деятельности. Как правило, эти цели не исключают друг друга, хотя в некоторых случаях приходится принимать компромиссные решения. На рис. 2 схематично изображены три основных входных потока (вода, пища, топливо) и три выходных потока (сточные воды, твердые отходы, загрязнители воздуха) типичного американского города с населением в 1 млн человек.

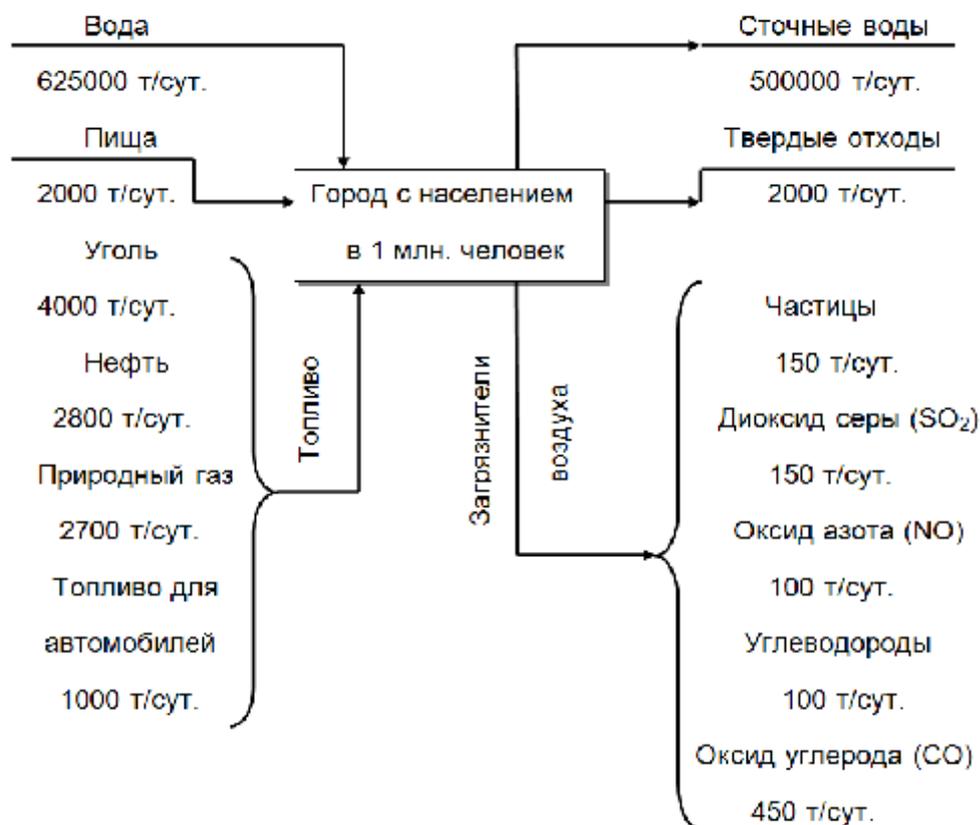


Рис. 2. Схематическое изображение трех основных входных (вода, пища, топливо) и трех выходных (сточные воды, твердые отходы, загрязнители воздуха) потоков города

Теоретически возможно избежать загрязнения окружающей среды: получать чистую воду из сточных вод, а на иле сточных вод выращивать сельскохозяйственную продукцию. Даже CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>O, выделяемые при дыхании, можно было бы превратить с помощью растений и водорослей в углеводы и кислород. Однако согласно законам термодинамики, такое изолированное существование веществ не может продолжаться бесконечно долго.

Любая деятельность человека оказывает воздействие на суммарные ресурсы Земли, которые, в конце концов, должны иссякнуть. Однако не следует забывать, что Земля постоянно получает приток новой энергии, источником которой является солнце. Наша деятельность причиняет ущерб окружающей среде

независимо от наших добрых намерений, и наша задача состоит в том, чтобы сделать последствия этой деятельности наименее пагубными.

Некоторые из видов классификаций загрязнений окружающей среды представлены на рис. 3 и в табл.1.

Таблица 1 Классификация загрязняющих веществ по классам приоритетности

Класс	Загрязняющее вещество	Среда	Тип программы (уровень мониторинга)
1	2	3	4
1	Диоксид серы (SO <sub>2</sub> ), взвешенные частицы	Воздух	И, Р, Ф
	Радионуклиды	Пища	И, Р
2	Озон (O <sub>3</sub> )	Воздух	И (тропосфера), Ф (стратосфера)
	Хлорорганические соединения и диоксины	Биота, человек	И, Р
	Кадмий	Пища, вода, человек	И
3	Нитраты, нитриты	Вода, пища	И
	Оксиды азота (N <sub>x</sub> O <sub>y</sub> )	Воздух	И
4	Ртуть	Пища, вода	И, Р
	Свинец	Воздух, пища	И
	Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	Воздух	Ф
5	Оксид углерода (CO)	Воздух	И
	Углеводороды нефти	Морская вода	Р, Ф
6	Фториды	Пресная вода	И
7	Асбест	Воздух	И
	Мышьяк	Питьевая вода	И
8	Микробиологическое загрязнение	Пища	И, Р

Примечания:

Р - региональный (проявление проблем миграции и трансформации загрязняющих веществ, совместного воздействия различных факторов, характерных для экономики региона);

Ф - фоновый (на базе биосферных заповедников, где исключена всякая хозяйственная деятельность);

И - импактный (изучение сильных воздействий в локальном масштабе).



Рис. 3. Классификация антропогенных загрязнителей окружающей среды

### Вопросы к разделу 1

1. Что такое пищевые цепи и какие звенья включаются в них?
2. Дать определение экосистеме и понятиям биоценоз, биотоп, биогеоценоз.
3. Назовите составляющие экологического фактора.
4. Объясните условия перехода биосферы в ноосферу.
5. Сформулируйте основные проблемы и законы экологии.
6. Назовите основные виды загрязнений природной среды.
7. Дайте классификацию основных загрязнений ОС.

## 2. Основные критерии оценки качества среды

Ядами или токсикантами называют вредные вещества, воздействующие на организм или экосистемы.

Токсикология - наука о потенциальной опасности воздействия вредных веществ на живые организмы и экосистемы.

Основными задачами токсикологии являются:

а) установка токсикологических характеристик технологических процессов, дающая возможность обосновать рекомендации по такому изменению производства, которое уменьшает количество или исключает вредные полупродукты или побочные соединения;

б) формулирование медико-технических требований к планированию производственных помещений, аппаратуре, санитарно-техническому оборудованию (в том числе очистному или рассеивающему) и в случае необходимости к индивидуальным средствам защиты.

В основе этого лежит установление предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в различных средах. Критерием оценки загрязнения окружающей среды является сравнение практических концентраций примесей в этой среде с ПДК. Нормы ПДК являются исходной базой для проектирования и экспертизы новых машин и механизмов, технологических линий, промышленных сооружений и предприятий, а также для расчета вентиляционных, газопылеулавливающих, кондиционирующих и

других очистительных систем, контролирующих приборов и систем сигнализации. ПДК различных веществ в разных средах устанавливаются по лимитирующему признаку вредности: санитарно-токсикологическому, общесанитарному или органолептическому.

Для воздушной среды

1. ПДК<sub>рз</sub> – это предельно допустимая концентрация вещества в воздухе рабочей зоны (мг/м<sup>3</sup>). Эта концентрация при ежедневной (кроме выходных дней) работе в пределах 8 часов или при другой продолжительности рабочего дня (но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не должна вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования, в процессе работы или в отдаленные сроки настоящего и будущего поколений. Рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

2. ПДК<sub>мр</sub> – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вещества в воздухе населенных мест (мг/м<sup>3</sup>). Эта концентрация при вдыхании в течение 20 минут не должна вызывать рефлекторных (ощущение запаха, световой чувствительности и т.д.) реакций в организме человека.

3. ПДК<sub>сс</sub> – предельно допустимая среднесуточная концентрация вещества в воздухе населенных мест (мг/м<sup>3</sup>). Эта концентрация не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного воздействия при неограниченно долгом вдыхании.

Загрязняющие вещества по степени воздействия на организм человека разделены на классы опасности (ГОСТ 12.1.007-76, Изменение №1 01.01.1982, №2 от 01.01.1991):

I - чрезвычайно опасные (ПДК<sub>рз</sub> < 0,1 мг/м<sup>3</sup>);

II - высокоопасные (ПДК<sub>рз</sub> = 0,1 - 1,0 мг/м<sup>3</sup>);

III - умеренно опасные (ПДК<sub>рз</sub> = 1,0 - 10,0 мг/м<sup>3</sup>);

IV - малоопасные (ПДК<sub>рз</sub> > 10,0 мг/м<sup>3</sup>).

Концентрация вредного вещества в воздухе производственных помещений не должна превышать ПДК<sub>рз</sub>, в воздухе для вентиляции производственных помещений 0,3 ПДК<sub>рз</sub>, в атмосферном воздухе населенных пунктов ПДК<sub>мр</sub>, в зоне отдыха и курортов 0,8 ПДК<sub>мр</sub>.

За рубежом, например в США, часто пользуются другим выражением концентрации:

млн.-1 = 1 объем загрязнения / 10<sup>6</sup> объемов загрязненного воздуха = 4-10 об.%. .

Для пересчета концентрации используют соотношение:

$$\text{мг} / \text{м}^3 = \frac{\text{млн}^{-1} \cdot M}{24,5}$$

где М - молекулярная масса загрязнителя;  
24,5 - объем в литрах 1 моль газа при 25°C и 760 мм рт.ст.

Характеристики токсичности некоторых распространенных загрязнителей воздуха приведены в табл. 2.

Для водной среды

1. ПДК<sub>в</sub> - предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (мг/л). Эта концентрация не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни, а также на здоровье последующих поколений, и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

2. ПДК<sub>вр</sub> - предельно допустимая концентрация вещества в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (мг/л).

3. Интегральные показатели:

Таблица 2. Значения предельно допустимых концентраций для некоторых распространенных видов примесей воздуха

Примесь	ПДК <sub>сс</sub> , мг/м <sup>3</sup>	ПДК <sub>рз</sub> , мг/м <sup>3</sup>
1	2	3
Оксид углерода (СО)	3	20
Летучие низкомолекулярные углеводороды	1,5	100
Ацетон	0,35	200
Аммиак	0,2	20
Пыль нетоксичная	0,15	10
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	0,05	10
Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	0,085	5
Древесная пыль, цемент	0,15	6
фосфорит, нефелин, кокс, бокситы	0,15	6
глина, асбоцемент	0,15	6
Асбест прир. и иск.	0,15	2
Сероводород	0,008	10
Пыль углерода, сажа	0,05	4
Серная кислота	0,1	1
Диоксид кремния (SiO <sub>2</sub> )	0,05	1
Хлор	0,03	1
Цианистый водород	0,01	0,3
Никель и его оксиды	0,001	0,5
Соединения Cr <sup>+6</sup>	0,0015	0,01
Неорганические соединения ртути в пересчете на ртуть	0,0003	0,01
Неорганические соединения свинца в пересчете на свинец	0,0003	0,01
3-4-бенз(а)пирен	10 <sup>-6</sup>	1,5·10 <sup>-4</sup>

а) БПК – биохимическая потребность в кислороде (мг O<sub>2</sub>/л), т.е. убыль растворенного кислорода, использованного в биохимических процессах окисления органических веществ (исключая процессы нитрификации), за время инкубации пробы 2, 5, 10, 20 (полное) сут.;

б) ХПК – химическая потребность в кислороде, определенная бихроматным методом, т.е. количество кислорода, которое эквивалентно количеству окислителя, необходимого для окисления всех восстановителей, содержащихся в 1 литре воды (мг O<sub>2</sub>/л).

По отношению БПК<sub>п</sub>/ХПК судят об эффективности биохимического окисления растворенных веществ.

Для почвы:

ПДК<sub>п</sub> – предельно допустимая концентрация вещества в пахотном слое почвы (мг/кг). Эта концентрация не должна вызывать прямого или косвенного отрицательного влияния на соприкасающиеся с почвой среды, на здоровье человека, а также на самоочищающую способность почвы.

Для продуктов питания:

ПДК<sub>пр</sub> (ДОК) – предельно допустимая концентрация (допустимое остаточное количество) вещества в продуктах питания (мг/кг).

При отсутствии норм ПДК для различных сред устанавливают временный гигиенический норматив ВДК (ОБУВ) – временно допустимая концентрация (ориентировочно безопасный уровень воздействия) вещества. Временный норматив устанавливают на определенный срок (2-3 года), затем пересматривают.

Различные вещества могут оказывать сходное неблагоприятное воздействие на организм (в пигментной печати – фенол, в заключительной отделке – формальдегид), т.е. обладать эффектом суммации негативного воздействия. Их концентрации в этом случае должны удовлетворять условию:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n},$$

где C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, ..., C<sub>n</sub> – концентрации вредных веществ, обладающих эффектом суммации;

ПДК<sub>1</sub>, ПДК<sub>2</sub>, ..., ПДК<sub>n</sub> – предельно допустимые концентрации этих веществ.

Основными организациями, контролирующими выбросы предприятий, являются санитарно-эпидемиологические станции (СЭС), территориальные управления Госкомитета гидрометеорологии и контроля природной среды, Государственная инспекция по контролю за работой газоочистных и пылеулавливающих установок и т.д.

В целях предотвращения загрязнения окружающей среды для каждого источника загрязнения и для всего предприятия в целом устанавливают научно-технические нормативы – предельно

допустимые экологические нагрузки на окружающую среду (ПДЭН). Для выбросов вредных веществ в атмосферу - предельно допустимый выброс (ПДВ), для сброса сточных вод - предельно допустимый сброс (ПДС).

ПДВ (г/с) – это максимальное количество загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу в единицу времени, которое в сумме с выбросами из других источников загрязнения не создает приземной концентрации загрязнителя, превышающей значение ПДК.

ПДВ одних и тех же вредных веществ, используемых в различных регионах и на различных предприятиях, могут не быть одинаковыми. Они устанавливаются с учетом рельефа местности, метеорологических условий, фоновых концентраций и характера выбросов.

Если в воздухе населенного места концентрация загрязняющего вещества больше ПДК, а величина ПДВ действующего предприятия по объективным причинам не может быть достигнута, то в этом случае предусматривается поэтапное снижение количества загрязнителя, и на каждом этапе устанавливается временно согласованный выброс (ВСВ, г/с).

При установлении ПДВ и ВСВ необходимо учитывать фоновые концентрации, значения которых выдаются предприятию территориальными надзирающими организациями. Для городов с населением менее 250 тысяч человек приняты следующие нормы фоновых концентраций веществ (мг/м<sup>3</sup>): SO<sub>2</sub> - 0,1; NO<sub>2</sub> - 0,03; CO - 1,5; пыль - 0,2.

ПДС (г/с) – это максимальное количество загрязняющих веществ, сбрасываемых в водный объект со сточными водами в единицу времени, которое у первого расчетного пункта водопользования не создает концентрации загрязнителя, превышающей ПДК.

Если для действующего предприятия величина ПДС по объективным причинам не может быть достигнута, то в этом случае предусматривается поэтапное снижение количества загрязнителя и на каждом этапе устанавливается временно согласованный сброс (ВСС, г/с).

## **Вопросы к разделу 2**

1. По каким основным критериям оценивается качество водной среды?
2. По каким основным критериям оценивается качество почвы?
3. По каким основным критериям оценивается качество воздушной среды?

4. Что является критерием оценки загрязнения окружающей среды?

5. Какие организации осуществляют контроль выбросов на промышленных предприятиях?

6. Что собой представляет норматив ВДК (ОБУВ), и в каком случае его устанавливают?

7. Что регламентируют научно-технические нормативы?

8. В каких случаях устанавливают нормативы ПДВ и ВСВ?

9. В каких случаях устанавливают нормативы ПДС и ВСС?

### **3. Экологический мониторинг**

Чтобы управлять природопользованием, необходимо располагать данными о том, какая именно среда оптимальна для нормальных условий жизни человека.

Примерами попыток создания интегральных индексов развития, базирующихся на экологических параметрах, могут служить такие индексы, как индекс «живой планеты» и индекс «экологический след».

Агрегированный индекс «живой планеты» (Living Planet Index) – показатель, разработанный для мониторинга состояния биологического разнообразия планеты. Данный индекс отражает тенденции, наблюдающиеся почти в 5000 популяциях, 1686 видов млекопитающих, птиц, пресмыкающихся, земноводных и рыб во всем мире. Изменения в численности популяций отдельных видов усредняются и выражаются в относительных единицах. За базу сравнения (значение 1,0) принят показатель 1970 г. Полученная оценка публикуется в рамках ежегодного доклада Всемирного фонда дикой природы (World Wild Fund).

Показатель «экологический след» (The Ecological Footprint) считается международной организацией Global Footprint Network, он выражает меру давления человека на окружающую среду в виде площадей территорий и акваторий, необходимых для добычи ресурсов и утилизации отходов.

Так, в США существует балльный показатель, именуемый индексом качества природной среды. Его максимальное значение для самых лучших условий окружающей среды составляет 700 баллов. Индекс определяется по результатам балльной оценки состояния воды, воздуха, природных ресурсов и т.д. Например, известно, что этот индекс снизился в США с 406 баллов в 1969 году до 343 баллов в 1977 году, а затем, когда проблемы защиты окружающей среды стали активно решаться, индекс стал возрастать. Балльная оценка состояния природной среды дает

возможность ежегодно устанавливаться, за счет какого именно фактора снижается индекс. В нашей стране величиной, обеспечивающей нормальное функционирование и устойчивость экосистем и биосферы, является ПДЭН.

Переход биосферы в ноосферу предусматривает управление развитием биосферы и общества. Это должно не только исключить всякие отрицательные последствия природопользования, но и исправить те, которые уже имели место. Для этого необходимо проведение следующих мероприятий:

а) текущий учет изменений в окружающей среде и предотвращение ухудшения качества среды;

б) прогноз изменений в окружающей среде и связанных с ними экологических последствий.

Эти мероприятия входят в систему экологического мониторинга. Термин «мониторинг» образован от латинского слова «монитор», что переводится как «наблюдающий» или «предостерегающий». Система мониторинга является информационной и не предусматривает мероприятия по управлению качеством среды. В то же время она является необходимым средством для принятия правильных решений по регулированию качества среды. Блок-схема системы мониторинга представлена на рис. 4.

Экологический мониторинг должен включать звенья разного уровня:

- 1) глобальный мониторинг, основан на международном сотрудничестве;
- 2) национальный мониторинг – общегосударственная система наблюдений;
- 3) региональный мониторинг – система наблюдений в регионах с острой экологической ситуацией;
- 4) локальный (импактный) мониторинг – наблюдения в зоне влияния предприятий;
- 5) фоновый мониторинг – наблюдения в районах, где исключена всякая хозяйственная деятельность.

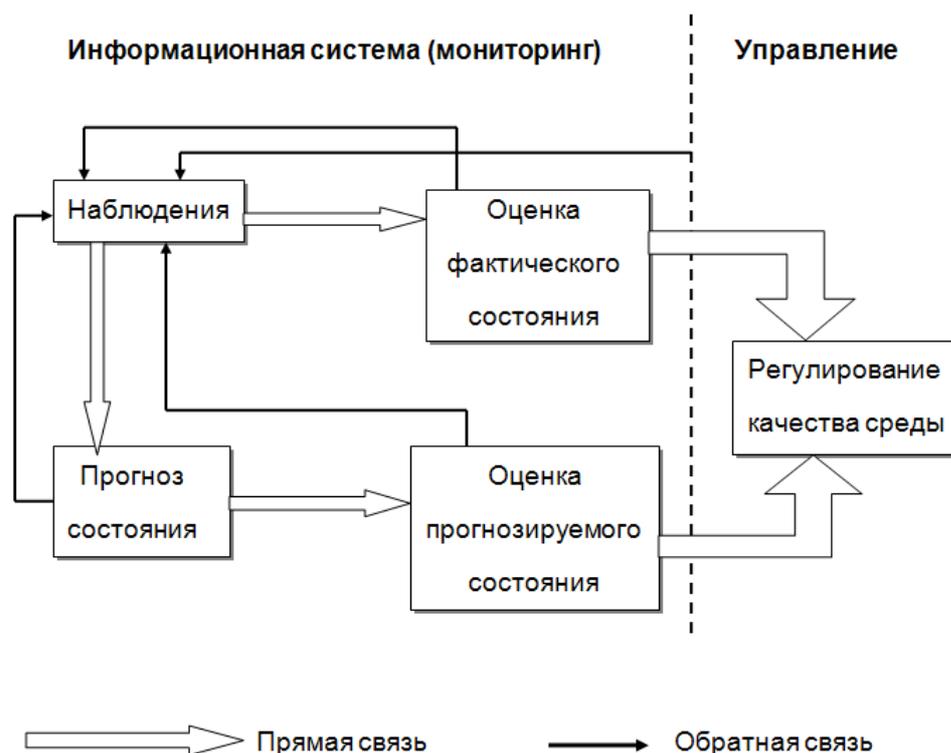


Рис. 4. Блок-схема системы мониторинга

Экологический мониторинг - это система повторных наблюдений за элементами окружающей среды в пространстве и во времени с определенными целями и в соответствии с определенными обстоятельствами (согласно определению секретариата комиссии ЮНЕП).

Известно, что искусственные спутники Земли ведут успешные наблюдения за состоянием биосферы Земли и получают такую информацию, которую трудно и невозможно добыть в результате наземных наблюдений. Задачами глобального мониторинга могут быть, например, наблюдение и слежение за динамикой развития и миграцией популяций живых организмов на больших территориях, в частности, насекомых и охраняемых видов животных. Экологический мониторинг позволяет прогнозировать возможный ущерб лесам и полям от вредителей и болезней, а также сроки нанесения этого ущерба.

Система экологического мониторинга включает различные блоки, имеющие свои задачи и базу обеспечения:

- а) мониторинг источников воздействия;
- б) мониторинг факторов воздействия (химических, физических, биологических);
- в) мониторинг состояния биосферы;

г) геофизический мониторинг (атмосфера, океан, поверхность суши с реками и озерами, подземные воды);

д) биологический мониторинг (биота).

В последние 5-10 лет особое внимание уделяется методам биологического мониторинга, которые основаны на использовании живых организмов, особенно чувствительных к конкретным химическим веществам.

Использование методов биомониторинга не требует больших экономических затрат (дорогостоящей аппаратуры, больших лабораторий и т.д.), а также позволяет оценить качество среды в случаях, когда количественное содержание загрязнителя может быть определено каким-либо методом, но отсутствуют сведения о биологической активности загрязнителя.

Биомониторинг является составной частью экологического мониторинга и включает в себя следующие подсистемы: биотестирование, биоиндикацию и биоаккумуляцию.

Биотестирование и биоиндикация - это два схожих исследовательских приема, в которых о качестве среды, о факторах, воздействующих на эту среду, судят по выживаемости, продуктивности, поведению, а также по различным физико-биологическим параметрам живых организмов.

Биотестирование подразумевает использование живых организмов, специально помещаемых в данную среду (тест-объекты), а биоиндикация - живых организмов, естественным образом обитающих в данной среде.

Биоаккумуляция - частный случай биотестирования или биоиндикации, в котором о качестве среды, о факторах, воздействующих на эту среду, судят по степени накопления вредных веществ в живых организмах.

Примеры использования методов биотестирования.

1. В Голландии различные полезные для человека растения используются в качестве тест-объектов на больших площадях страны: гладиолусы и тюльпаны являются тест-объектами на накопление фторидов; итальянская ржаная трава - тест-объект на накопление ионов тяжелых металлов.

2. Биотестирование с помощью таких высокочувствительных к загрязнению разного рода (ионы тяжелых металлов, нефтепродукты, УФ-излучение и т.д.) тест-объектов, как дафнии (рачки - фильтраторы водоемов), пиявки, инфузории (простейшие), хлорелла (микроводоросль) и другие, находит в настоящее время широкое применение во многих странах.

Примеры использования методов биоиндикации.

1. Метод лишеноиндикации (от латинского «лихенос» - лишайник) основан на учете количества лишайников в городских насаждениях, районах крупных предприятий и т.д. Установлена четкая связь между «полями загрязнения воздуха» в городах и встречаемостью лишайников на стволах деревьев.

2. Весьма перспективным методом оценки качества поливной воды в садоводческих хозяйствах Подмосковья, Дальнего Востока и т.д. является так называемый «coli-тест».

Примеры использования методов биоаккумуляции.

1. Биоаккумуляция примесей наблюдается у некоторых живых организмов. Например, накопление ртути в рыбе из реки Минамата в Японии привело к заболеванию населения, особенно детей, «болезнью Минамата».

2. Ртуть и мышьяк, как известно, обладают способностью накапливаться в волосах человека, это может быть использовано для профилактики отравления человека этими ядами.

3. В Японии весьма успешно разводят асцидии – морские организмы, которые концентрируют ванадий, затем их сжигают и получают из золы соединения ванадия.

Для осуществления мониторинга необходима организация специальных служб, а контролировать загрязнение окружающей среды следует с помощью ПЭВМ, что и начали осуществлять в большинстве развитых стран. В Москве также появились стационарные пункты слежения за качеством воздуха в местах скопления большого количества транспортных средств.

Комиссия ЮНЕП предлагает создавать системы биосферных заповедников, т.е. служб наблюдения и контроля на больших территориях отдельных государств.

В настоящее время в России статус биосферных заповедников, в пределах которых размещаются «фоновые станции», имеют восемь заповедников. Кроме этого предполагается создать дополнительно пять биосферных заповедников: арктический, центральный, лесостепной, таежный южно-сибирский (на Байкале) и восточно-сибирский (в Якутии).

В 1985 году межправительственная комиссия ЮНЕП «Человек и биосфера» присвоила уникальному Кроноцкому заповеднику на Камчатке площадью 1 млн. га статус биосферного резервата. Это означает, что он стал территорией особой неприкосновенности.

В настоящее время для решения тех или иных проблем защиты окружающей среды приходится решать аналитические задачи нового типа. Например, в России выполняется примерно 5 млн анализов воды в год. В США - примерно столько же. Среди них выделяют гидрологический и гидрохимический блоки анализов.

Гидрологический блок анализов включает в себя определение: 1) скорости воды; 2) уровня воды; 3) расхода воды; 4) водного кадастра страны.

Водный кадастр необходим для организации хозяйства страны. Он определяет расход воды на сельскохозяйственные нужды, на нужды промышленности, на нужды коммунального хозяйства и т.д.

Гидрохимический блок анализов включает в себя: определение: 1) отдельных элементов; 2) фенолов и нефтепродуктов; 3) пестицидов; 4) приоритетных загрязнителей.

Например, в Москве на станции «Роса», вступившей в строй в 1994 году, питьевую воду ежедневно проверяют 30 раз по 70 показателям.

Поскольку любая отрасль народного хозяйства имеет свои специфические загрязнители (тяжелые металлы - в промышленных стоках; оксиды азота, оксиды углерода, пары растворителей и пыль - в вентиляционных выбросах и т.д.), то импактный мониторинг является основным видом мониторинга для большинства предприятий.

Особенностью импактных зон мониторинга являются большие перепады между минимальными и максимальными концентрациями загрязнителей, а также чрезвычайно низкие регламентированные концентрации, т.е. очень высокие требования. Поэтому большое значение имеет не только мониторинг отдельных территорий, но и мониторинг отдельных источников загрязнения.

### **Вопросы к разделу 3**

1. Для чего необходим экологический мониторинг, и какие основные мероприятия входят в систему экологического мониторинга?

2. Что такое экологический мониторинг, каковы его задачи?
3. Охарактеризовать систему биомониторинга.
4. Какие показатели включает гидрологический блок анализов?
5. Какие показатели включает гидрохимический блок анализов?

## **4. Охрана гидросферы**

### **4.1. Характеристика гидроресурсов и сточных вод**

Гидросфера - это совокупность океанов, морей, озер, прудов, болот и подземных вод, т.е. водная оболочка Земли.

Гидросфера - самая тонкая оболочка нашей планеты, составляющая лишь 3-10% общей массы Земли. Около 80% - это морская вода, содержащая до 35 г/л солей.

По подсчетам ученых количество пресной воды составляет всего 2,5% от всей воды на планете. При этом запасы пресной воды распределены крайне неравномерно: 72,2% льды; 22,4% грунтовые воды; 0,35% вода в атмосфере; 5,05% устойчивый сток рек и озер.

На долю воды, которую мы можем использовать, приходится всего лишь 2-10% от всей воды, имеющейся на Земле.

По содержанию солей вода делится:

- на пресную (менее 1 г/л);
- засоленную (до 25 г/л);
- соленую (более 25 г/л).

В океанской воде содержится около 35 г/л различных солей, в воде Балтийского моря - от 8 до 16 г/л, в воде Каспийского моря - от 11 до 13 г/л, а в воде Черного моря - от 17 до 22 г/л.

В пресной воде содержание солей обычно составляет 300-450 мг/л, а в питьевой - 380 мг/л.

Роль воды во всех жизненных процессах общепризнана. Растения содержат до 80% воды. Без воды человек может жить всего лишь 8 суток.

В России в настоящее время сложилась следующая структура водопользования: более 50% от суммарного забора воды расходуется на нужды различных видов промышленности,

около 20% воды расходуется на орошение и сельскохозяйственное водоснабжение, на хозяйственно-питьевые нужды - около 15%, оставшееся количество - на прочие нужды.

Вода необходима практически всем отраслям промышленности. Так, в энергетике на электростанциях мощностью 300 тыс. кВт расход воды составляет 300 млн т в год.

Производство 1 т чугуна требует 50-150 т воды, меди - 500, пластмасс - 500-1000, каучука - 2000-3000, цемента - 4500, бумаги - 100000 тонн воды, одной банки консервов - 40 л воды.

Для всех указанных производств необходима только пресная вода.

В сельском хозяйстве вода идет на обслуживание животноводческих комплексов, но основная часть расходуется на орошение. Так, для выращивания 1 т пшеницы требуется 1500 т воды, риса - 7000, хлопка - 10000.

Хозяйственная деятельность человека привела к заметному сокращению количества воды в пресных водоемах суши: заметно мелеют водоемы, исчезают малые реки, высыхают колодцы, снижается уровень грунтовых вод. Снижение уровня грунтовых вод уменьшает урожайность окрестных хозяйств.

Серьезные проблемы, связанные с хозяйственной деятельностью человека, встают и перед более крупными водными объектами. Например:

- проблема Каспия - хищническое истребление ценнейших пород осетровых рыб. При этом разведение молоди осетровых, т.е. восстановление их популяции ведется только рыбными хозяйствами России и в небольшом объеме - Азербайджаном, а остальные страны СНГ - только потребители;

- проблема Азовского моря - увеличение концентрации солей. За послевоенные годы его засоленность увеличилась почти в 2 раза. Организмы, служащие пищей для рыбы, погибают. Это вызывает снижение возможности рыболовства на Азовском море;

- проблема озера Байкал - использование воды минимальной минерализации, содержащей менее 100 мг/л солей, для получения целлюлозы по финской технологии.

После строительства в 60-х годах целлюлозно-бумажного комбината в городе Байкальске Байкал стал загрязняться. Против строительства выступали только ученые, но к ним никто не прислушался.

В озере Байкал обитают несколько сот эндаминореликтов - редких видов биоты, которых нет в других водоемах. С запозданием создали комиссию, которая разработала уникальные очистные сооружения, стоимость которых составила 30% от стоимости основных фондов производства.

В настоящее время качество вод, идущих на сброс при условии нормальной работы комбината, находится на уровне питьевой воды, но для Байкала этого все равно недостаточно. Началась кампания в прессе по защите Байкала, которая ведется до сих пор, а комбинат продолжает работать.

Увеличение солености природных вод приводит к их деградации. Количество минеральных солей в водах постоянно растет даже в такой большой водной системе, как бассейн реки Волга с ее притоками Камой и Окой.

Огромный вклад в минерализацию воды осуществляет сброс промышленных стоков. По данным за 1996 год объем промышленных стоков в России был равен стоку такой большой реки, как Кубань. Так, в Каму поступают промышленные стоки с минерализацией 1,5-5,0 г/л.

В некоторых небольших реках, например в Северном Донце, вода уже не пресная, а соленая. Средняя минерализация рек Украины составляет 2-3 г/л. В настоящее время многие реки Урала уже не могут быть использованы как источники водоснабжения.

Основной причиной засоленности воды является истребление лесов, распашка степей, выпас скота. Вода не задерживается в почве, не увлажняет ее, не пополняет почвенные источники, а скатывается через реки в моря. Одной из мер, принятых в последнее время для снижения засоленности рек, является посадка лесов, предпринимаемая, например, в Саратовской области.

Громаден объем сброса дренажных вод. В последние годы он составляет 25-35 км<sup>3</sup>. Системы орошения обычно потребляют воду объемом 1-2 тыс. м<sup>3</sup>/га, а ее минерализация достигает 20 г/л.

Постоянно растет уровень загрязнения поверхностных водных объектов. К основным нарушениям относятся неудовлетворительная эксплуатация и плохое состояние водоочистного оборудования, отсутствие разрешения на специальное водопользование, сброс сточных вод с

превышением нормативных показателей, участившиеся случаи аварийных и залповых выбросов сточных вод и т.д.

По современным данным на территории России сложилась следующая картина загрязнения поверхностных водных объектов: количество условно чистых водоемов (фоновых) составляет 12% от обследованных водных объектов, количество умеренно загрязненных - 32%, остальные 56% - загрязненные водные объекты.

В зависимости от условий образования сточные воды делятся на три группы:

1. Бытовые сточные воды – стоки душевых, прачечных, бань, столовых, туалетов и т.д. Их количество в среднем составляет 0,5-2 л/с с 1га жилой застройки.

2. Атмосферные или ливневые сточные воды. Их сток неравномерен: 1 раз в год 100-150 л/с с 1 га; 1 раз в 10 лет 200-300 л/с с 1 га. Особенно опасны ливневые стоки на промышленных предприятиях. Из-за их неравномерности затруднены их сбор и очистка.

3. Промышленные сточные воды - жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке сырья.

Основные характеристики сточных вод, влияющих на состояние водоемов:

- а) температура, °С;
- б) минералогический состав примесей;
- в) содержание кислорода, мг/л;
- г) кислотность, рН;
- д) концентрация вредных примесей, мг/л.

Особенно большое значение для процессов самоочищения водоемов имеет кислородный режим водоемов.

Условия спуска производственных сточных вод регламентируются специальными правилами охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами.

Сточные воды характеризуются следующими признаками:

1) мутность (мг/л) – определяется с помощью мутномера, в котором исследуемую воду сравнивают с эталонным раствором;

2) цветность – определяется путем сравнения интенсивности окраски испытуемой воды со стандартной шкалой, выражается в градусах цветности. В качестве стандартного раствора применяют раствор солей свинца и кобальта;

3) сухой остаток (мг/л) – то масса солей и веществ, которые остаются после выпаривания воды;

4) кислотность (рН), природная вода обычно имеет щелочную реакцию среды;

5) жесткость (мг-экв/л солей  $\text{Ca}^{+2}$  и  $\text{Mg}^{+2}$  или градусы жесткости);

6) растворимый кислород (мг/л). Содержание его в воде зависит от температуры воды и от барометрического давления;

7) ХПК (мг  $\text{O}_2$ /л);

8) БПК (мг  $\text{O}_2$ /л).

По СНИП БПК в воде природных водоемов не должна превышать 3-6 мг/л. В сточных водах БПК составляет от 200 до 3000 мг/л, поэтому при сбросе сточных вод в водоемы необходимо их чистить или сильно разбавлять.

Концентрации некоторых загрязнителей во многих водоемах России превышают установленные ПДК. Особенно отмечается превышение нормативов по нефтепродуктам, органическим веществам, аммонийному азоту, соединениям меди и цинка.

Качество сбрасываемых сточных вод в водоемы оказывает существенное влияние на сложные экосистемы водоемов. Эти экосистемы создавались в течение длительной эволюции.

Водоемы являются не просто емкостями для разбавления воды и усреднения ее по качеству. В них непрерывно протекает процесс изменения состава примесей, приближающийся к состоянию равновесия.

В естественных водоемах развиваются различные животные и растительные организмы: бактерии, грибы, водоросли и т.д. Эти организмы образуют сообщества, находящиеся в определенном динамическом равновесии, свойственном для данных экологических условий. Спуск в водоемы сточных вод приводит к изменению условий среды и биологического состава.

В разложении органических веществ участвуют различные группы организмов, главным образом бактерии. В результате сложных биохимических процессов углеводы, жиры и белки разлагаются на более простые соединения. Конечными продуктами являются минеральные соли (нитриты, фосфаты, сульфаты), газы (водород, сероводород, углекислый газ) и вода. Эти соединения поглощают водоросли, высшие растения и простейшие организмы.

Мелкие организмы поедают рыбы, рыба служит пищей для человека. Так замыкается круг биологических изменений, связанных с самоочищением водоемов. Если разложение органических веществ происходит полностью, то в водоеме устанавливается равновесие, результатом которого является чистая вода.

Самым важным условием, необходимым для самоочищения водоема, является наличие в воде водоема растворенного кислорода. Если кислорода в воде недостаточно, то высшие организмы погибают. В результате органические соединения вместо окисления подвергаются анаэробному разложению с выделением  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $CO_2$  и  $H_2$ , создающих вторичное загрязнение водоема.

Значительные отклонения от состояния равновесия ведут к гибели отдельных популяций и экосистем водоемов в целом.

Процессами самоочищения водоемов называют процессы, связанные с возвращением экосистем водоемов в первоначальное состояние.

К важнейшим процессам самоочищения водоемов относятся:

- 1) осаждение грубодисперсных и коагуляция коллоидных примесей;
- 2) окисление (минерализация) органических примесей;
- 3) окисление минеральных примесей кислородом;
- 4) нейтрализация кислот и оснований за счет буферной емкости водоема;
- 5) гидролиз солей тяжелых металлов, приводящий к образованию малорастворимых гидроксидов и выделению их из раствора и т.д.

Таким образом, хозяйственная деятельность человека привела к сокращению количества воды в водоемах суши, к росту водопотребления, к исчерпанию самоочищающей способности водоемов и к деградации природных вод. Выход из положения – создание замкнутых водооборотных систем.

## **4.2. Характеристика замкнутых водооборотных систем**

Необходимость создания водооборотных систем связана с экономическими соображениями. Стоимость очистки сточных вод даже после значительного разбавления очень велика. Так, если принять стоимость очистки на 90% за 1 условную единицу (у.е.), то очистка на 99% дороже в 10 раз, а очистка на 99,9%, которая требуется чаще всего, будет дороже уже в 100 раз.

В результате локальная очистка сточных вод только от характерного для данного вида стоков загрязнения в случае их повторного использования оказывается существенно дешевле их полной очистки, которая осуществляется перед сбросом в водоемы в соответствии с требованиями санитарных органов.

Замкнутые системы водного хозяйства введены в эксплуатацию, например, на Краснодарском витаминном заводе и на Липецком металлургическом комбинате.

Для характеристики замкнутых водооборотных систем используется критерий кратности использования воды:

$$n = Q_{исп} / Q_p$$

где  $n$  - критерий кратности использования воды;

$Q_{исп}$  - общий объем воды, потребляемый предприятием  $\text{м}^3/\text{ч}$  ( $\text{м}^3/\text{т}$ ) сырья или продукции;

$Q_p$  - забор свежей воды предприятием  $\text{м}^3/\text{ч}$  ( $\text{м}^3/\text{т}$ ) сырья или продукции.

Чем больше кратность использования воды, тем совершеннее схема водоснабжения.

В нашей стране планировалось в ближайшие годы довести средний по отраслям промышленности критерий кратности использования воды до 7,00 ( в то время, как в США - до 27).

Создание замкнутых систем водного хозяйства является весьма трудной задачей. Сложный химический состав сточных вод, разнообразие содержащихся в них химических соединений делает невозможным разработку универсальной бессточной технологической схемы водоснабжения. Можно говорить лишь об общих принципах создания и проектирования бессточных схем водоснабжения.

Основные направления создания водооборотных систем.

1. Разработка научно обоснованных требований к качеству воды, используемой во всех технологических процессах и операциях. В подавляющем большинстве случаев нет необходимости использовать воду питьевого качества как это делали ранее, когда не были установлены цены на воду из природных источников. Сточные воды при этом сливали без очистки, достигая ПДК путем простого их разбавления.

2. Максимальное внедрение систем воздушного охлаждения вместо водяного. Большую роль при этом может сыграть

внедрение агрегатов большой единичной мощности. Высокоэнергетическое тепло может использоваться для технологических целей, а низкоэнергетическое - для обогрева. Так, в результате внедрения установок воздушного охлаждения на нефтеперерабатывающих предприятиях потребление воды сократилось в среднем на 110-160 млн м<sup>3</sup>/год. Примером является Омский нефтеперерабатывающий завод.

3. Размещение на производственных площадках территориально-производственных комплексов, позволяющих осуществить многократное каскадное использование воды в технологических схемах и операциях.

4. Многократное последовательное использование воды в технологических операциях должно по возможности обеспечить получение небольшого объема максимально загрязненных сточных вод.

5. Использование воды для очистки газов от водорастворимых соединений целесообразно только тогда, когда из газов извлекают, а затем утилизируют ценные компоненты.

6. Применение воды для очистки газов от твердых частиц допустимо только в замкнутом цикле.

#### **4.3. Виды промышленных сточных вод и методы очистки воды**

Нормативы качества воды водных объектов едины и утверждены принятыми в 1974 году Минводхозом, Минздравом и Минрыбхозом правилами охраны вод от загрязнения сточными водами. В 1996 году на базе Роскомвода и Роскомнедр было создано Министерство природных ресурсов и был принят ряд новых законов Российской Федерации, которые значительно меняют сложившуюся нормативно-правовую базу и систему управления и контроля в области охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов.

В соответствии с действующей классификацией сточные воды подразделяются:

1) на чистые сточные воды, которые, участвуя в производстве, практически не загрязняются и сброс которых без очистки не вызывает нарушения нормативов качества воды водных объектов;

2) загрязненные сточные воды, которые в процессе их использования загрязняются различными компонентами и сбрасываются без очистки, а также сточные воды, проходящие

очистку, но степень очистки которых ниже норм, установленных местными органами Госкомприроды, и их сброс вызывает нарушение нормативов качества воды водных объектов.

Загрязненные сточные воды перед сбросом в водные объекты должны подвергаться очистке, что благоприятно сказывается на качестве воды и водоемах. Например, в результате очистки сточных вод улучшилось качество воды на некоторых участках таких рек, как Кубань и Волга. В реке Москва появилась рыба, хотя питаться ей пока не рекомендуется.

Практически всегда очистка промышленных стоков - это комплекс методов. Наиболее широко используется сочетание механической очистки, нейтрализации промышленных стоков, реагентной очистки и биохимической очистки. Эти операции осуществляются практически во всех комплексах очистных сооружений, в том числе и на станциях аэрации при очистке бытовых (канализационных) стоков.

#### **4.3.1. Механическая очистка**

Этот метод очистки используется для удаления из сточных вод нерастворимых примесей. Для удаления крупных кусков примесей применяют решетки, на которых происходит осаждение примесей. Для удаления твердых частиц, например, песка, используют песколовки.

В специальных отстойниках происходит осаждение взвешенных частиц на дно.

Сбор нефтепродуктов, жиров, смол и других нерастворимых в воде жидкостей с поверхности стоков осуществляют в нефтеловушках, жиро- или смолоуловителях, на кварцевых фильтрах, а также с помощью устройств типа механических рук. Для удаления очень мелких частиц применяют фильтры или слой песка примерно 1,5-метровой толщины.

Отстойник - технологическое оборудование для очистки сточных вод от взвешенных веществ и нефтепродуктов. Отстойники бывают первичными, которые используются как правило перед биологическим очистными сооружениями, а также вторичными, используемыми для извлечения активного ила.

Отстойники подразделяются на вертикальные, горизонтальные (рис.5) и радиальные (рис.6) в зависимости от направления движения потока жидкости. К отстойникам также относятся осветлители, где одновременно с отстаиванием производится фильтрация сточной воды через слой взвешенного

осадка, и осадкоуплотнители, в которых одновременно с очисткой воды производится уплотнение образовавшегося осадка.

Как правило, эффективность отстаивания составляет 40-60% при продолжительности 1-1,5 ч; эффективность работы осветлителей достигает 70%.

Для увеличения эффективности осадкообразования в сточную воду добавляют различные флокулянты, способствующие росту скорости осаждения взвешенных веществ.

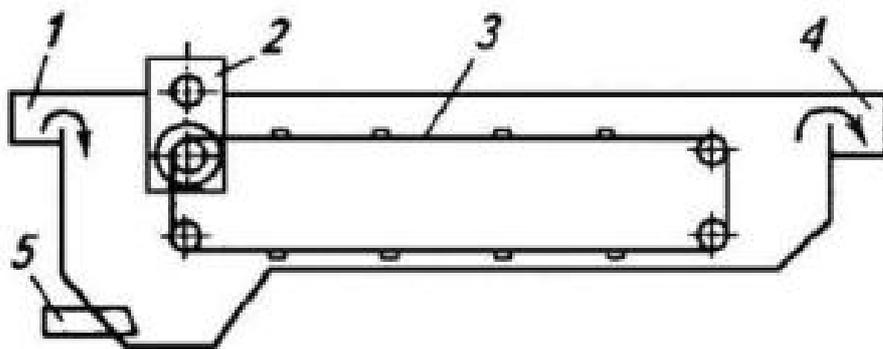


Рис.5. Горизонтальный отстойник: 1 - водоподводящий лоток; 2 - привод скребкового механизма; 3 - скребковый механизм; 4 - водоотводящий лоток; 5 - отвод осадка

Расчет отстойников производят с учетом обеспечения требуемой эффективности очистки сточных вод.

Радиальные отстойники применяют при расходах сточных вод более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Эти отстойники по сравнению с горизонтальными имеют некоторые преимущества: простота и надежность эксплуатации, экономичность, возможность строительства сооружений большой производительности. Недостаток - наличие подвижной фермы со скребками.

Первичные радиальные отстойники оборудованы илоскребами, сдвигающими выпавший осадок к приемку, расположенному в центре. Из приемки осадок удаляется насосом или под действием гидростатического давления. Вторичные радиальные отстойники оборудованы вращающимися илососами, которые удаляют активный ил непосредственно из слоя осадка без сгребания его в приемок.

В отстойниках с периферийным впуском воды достигается в 1,2-1,3 раза большая эффективность очистки и в 1,3-1,6 раза большая производительность, чем в обычных радиальных отстойниках, при той же продолжительности отстаивания.

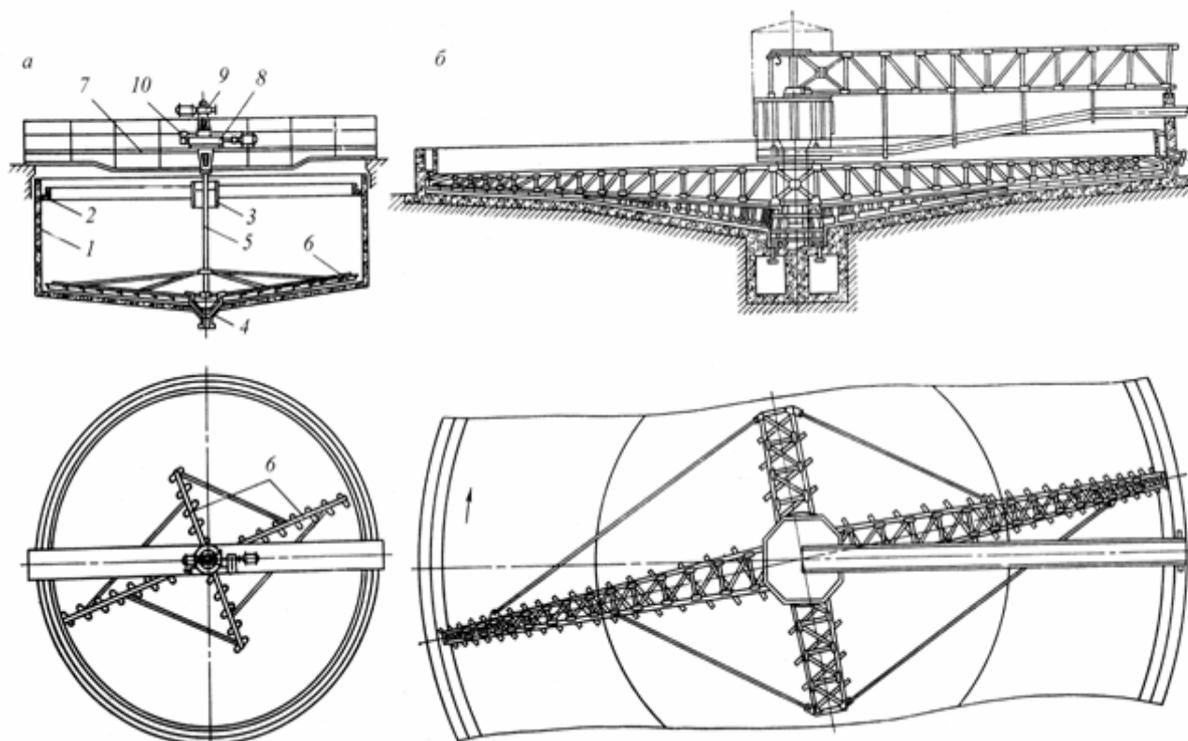


Рис.6. Радиальный отстойник с центральным приводом в двух исполнениях: 1 - чан; 2 - сливной желоб; 3 - загрузочная воронка; 4 - разгрузочный конус; 5 - центральный вал; 6 - граблины; 7 - ферма; 8 - привод; 9 - механизм для подъема вала с граблинами; 10 - указатель перегрузки сгустителя

Отстойник с периферийным впуском имеет распределительное устройство, представляющее собой периферийный кольцевой лоток с зубчатым водосливом или щелевыми донными отверстиями и полупогруженную перегородку, которые образуют с бортом отстойника кольцевую зону, где происходит быстрое гашение энергии входящих струй, выделение и задерживание плавающих веществ.

Вода входит в рабочую зону отстойника через кольцевое пространство, образуемое нижней кромкой перегородки и днищем. При движении воды от периферии к центру из нее выпадают оседающие вещества. Осветленная вода отводится через выпускные устройства. Расчетная продолжительность пребывания воды в отстойнике принимается равной не менее 1 ч.

Отстойники с вращающимися сборно-распределительными устройствами (рис. 6) используют для очистки бытовых и

производственных вод, содержащих до 600 мг/л взвешенных веществ. Отстаивание воды в отстойниках происходит практически в статических условиях, хотя пропускная способность их приблизительно на 40% выше, чем обычных радиальных отстойников.

Отстойник имеет вращающийся желоб шириной 0,5-1,5 м, разделенный перегородкой на две части. Сточная вода поступает в одну часть желоба из центрально расположенной водоподающей трубы и через вертикальные щели сливается в отстойник. Очищенная вода поступает в другую часть желоба через сливной борт и отводится из отстойника.

Отстойники могут быть диаметром 18, 24 и 30 м. Эффективность осветления принимается равной 65%. Наиболее распространены отстойники с впуском воды через центральную трубу с раструбом. Скорость движения воды в трубе принимают равной до 30 мм/с. Расстояние между щитом и раструбом выбирают таким, чтобы скорость поступления воды в отстойную зону была не более 20 мм/с. Рекомендуется диаметр раструба и его высоту принимать равными 1,35 диаметра центральной трубы, а диаметр отражательного щита 1,3 диаметра раструба.

Вертикальные отстойники с нисходяще-восходящим потоком и с периферийным впуском жидкости различаются лишь конструкцией впускных и выпускных устройств. Однако они имеют в 1,3-1,5 раза большую производительность, чем отстойники с центральной трубой. Очищенная вода удаляется через лоток, расположенный по периметру отстойника.

Тонкослойные отстойники. Для увеличения эффективности отстаивания используют тонкослойные отстойники. Они могут быть вертикальными, радиальными или горизонтальными; состоят из водораспределительной, водосборной и отстойной зон. В таких отстойниках отстойная зона делится трубчатыми или пластинчатыми элементами на ряд слоев небольшой глубины (до 150 мм). При малой глубине отстаивание протекает быстро, что позволяет уменьшить размеры отстойников.

Тонкослойные отстойники классифицируются по следующим признакам: по конструкции наклонных блоков - на трубчатые и полочные; режиму работы - периодического (циклического) и непрерывного действия; взаимному движению осветленной воды и вытесняемого осадка - с прямоточным, противоточным и смешанным (комбинированным) движением.

Поперечное сечение трубчатых секций может быть прямоугольным, квадратным, шестиугольным или круглым. Полочные секции монтируются из плоских или гофрированных листов и имеют прямоугольное сечение. Элементы отстойника выполняют из стали, алюминия и пластмассы (полипропилена, полиэтилена, стеклопластиков).

Наклон блоков в отстойниках периодического (циклического) действия небольшой. Накопившийся осадок удаляется промывкой обратным током осветленной воды. Наклон элементов в отстойниках непрерывного действия составляет  $45-60^\circ$ . Эффективность трубчатых и полочных отстойников практически одинакова.

Осадочные желоба отстойников глубиной 1,2-1,5 м и с наклоном стенок  $50^\circ$  имеют донные щели шириной 0,15 м, через которые осадок поступает в септическую камеру. Осадочные желоба рассчитывают так же, как и горизонтальные отстойники. Скорость воды принимают равной 5-10 мм/с. Эффективность очистки 40-50%. Объем септической камеры устанавливают в зависимости от средней температуры сточных вод в зимний период. При сбрасывании активного ила объем камеры увеличивают на 30-70%.

Отстойники-осветлители применяют при повышенном содержании в сточных водах труднооседающих веществ. В результате совмещения процессов осаждения, хлопьеобразования и фильтрации сточной воды через слой взвешенного осадка эффективность очистки достигает 70%.

Имеются конструкции осветлителей как с предварительной коагуляцией и агрегацией вод, так и без таковых, с совмещением этих процессов в одном аппарате. Широко применяют отстойник-флокулятор (рис. 7). Внутри отстойника имеется камера флокуляции, в которую через центральную трубу поступает сточная вода.

В камере флокуляции происходит эжекция воздуха, частичное окисление органических веществ, хлопьеобразование и сорбция загрязнений. В отстойной зоне вода проходит через слой взвешенного осадка, где задерживаются мелкодисперсные примеси. Выпавший осадок удаляется под действием гидростатического напора.

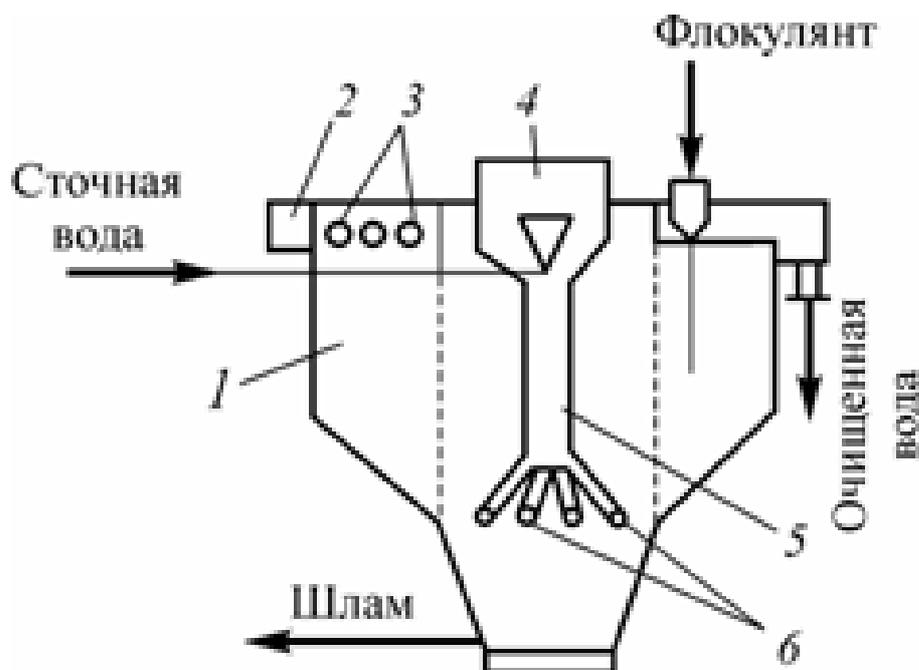


Рис.7. Отстойник-флокулятор: 1 - корпус; 2 - желоб; 3 - отверстия для удаления осветленной воды; 4 - воздухоотделитель; 5 - центральная труба; 6 - распределительные трубы

#### 4.3.2. Физико-химическая очистка

Методы физико-химической очистки сточных вод основаны на изменении физического состояния загрязнителей и в большинстве случаев требуют применения реагентов:

- коагуляция - метод, позволяющий увеличить размер загрязняющих частиц, что облегчает их осаждение;
- флотация - метод, позволяющий придать примеси плавучие свойства, что облегчает ее удаление.

Примеры использования физико-химических методов очистки сточных вод будут приведены в следующих разделах учебного пособия.

#### 4.3.3. Химическая или реагентная очистка

Одним из видов обработки сточных вод является реагентная очистка, которая представляет собой сочетание различных типов химических реакций, приводящих к удалению из сточных вод токсичных компонентов.

А. Нейтрализация сточных вод - это химическая реакция, ведущая к уничтожению кислотных свойств раствора с помощью щелочей, а щелочных свойств раствора - с помощью кислот.

Поскольку химическая природа отходов может быть различной, то для нейтрализации одного вида отходов необходимо уменьшить кислотные свойства, а для другого вида отходов - щелочные.

О степени кислотности или щелочности раствора можно судить по значению водородного показателя рН.

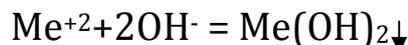
Самую простую систему нейтрализации можно представить в виде измельченного известняка, на который выливают раствор кислоты, а осадок собирают в отстойник. При рН = 4,3 все карбонаты и гидрокарбонаты, являющиеся основными компонентами природной воды, разлагаются с выделением CO<sub>2</sub>.

Б. Реакции осаждения - это химические реакции, приводящие к осаждению загрязняющих веществ или ценных компонентов.

Сточные воды содержат, как правило, растворенные нежелательные или ценные компоненты. Для их выделения используют реакции осаждения.

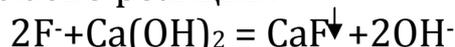
Например:

- очистку сточных вод от ионов некоторых металлов (Cu<sup>+2</sup>, Ni<sup>+2</sup>, Fe<sup>+2</sup> и др.) можно производить, используя щелочи. При рН = 8-9 обеспечивается наиболее полное осаждение труднорастворимых соединений меди, никеля и железа в результате реакции:

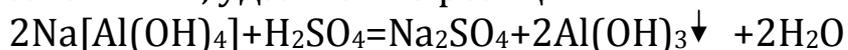


где Me<sup>+2</sup> - ионы Cu<sup>+2</sup>, Ni<sup>+2</sup> и Fe<sup>+2</sup>.

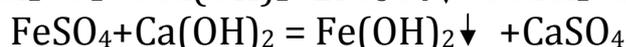
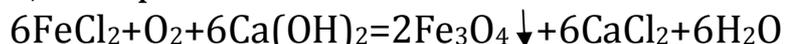
- очистку промывной воды от ионов F<sup>-</sup> при производстве стекла осуществляют согласно реакции:



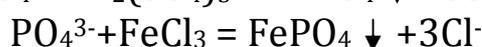
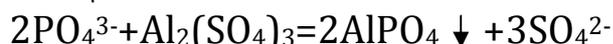
- алюминат, образующийся при травлении или анодировании алюминия, удаляют по реакции:



- соединения железа, образующиеся при травлении стали, удаляют следующим образом:



- фосфаты, образующиеся в городских сточных водах, удаляют, используя реакции:



- для осветления воды проводят флокулирование квасцами:



В. Реакции окисления-восстановления - это одновременное окисление одних компонентов и восстановление других.

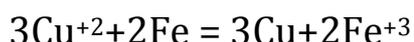
Ниже приводится список наиболее распространенных окислителей и восстановителей:

- окислители – кислород или воздух, озон, хлор, гипохлорит, перекись водорода, перманганат калия;
- восстановители – хлорит, сульфат железа (II), гидросульфат, оксид серы (IV), сероводород.

Окислительно-восстановительные реакции применяют для превращения токсичных веществ в безвредные, а также для извлечения ценных компонентов.

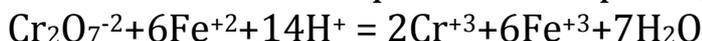
Например:

- в выщелоченных водах, образующихся при извлечении меди из руды, содержится растворенная медь, которая может быть регенерирована при пропускании стока через железный лом, а затем отфильтрована и направлена в печь. В основе процесса лежит реакция

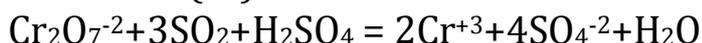


- отходы, образующиеся в процессе плакирования металлов, содержат ионы Cr (VI) в виде  $\text{Cr}_2\text{O}_7$ , которые образуются в результате использования хромовой кислоты в процессах нанесения электролитического покрытия. Из концентрированных растворов хром может быть регенерирован. На первом этапе Cr (VI) восстанавливают до Cr (III) или до Cr (II), поскольку ионы Cr (VI), как известно, наиболее токсичны. Затем хром осаждают в виде гидроксида хрома (III) и подвергают термической обработке. Так замыкается цикл по хрому.

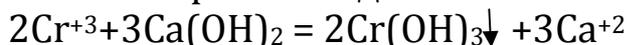
Для восстановления Cr (VI) можно использовать металлическое железо или соли Fe (II). Наиболее хорошие результаты получают при  $\text{pH} = 2,5-3,0$ . Процесс восстановления протекает по реакции:



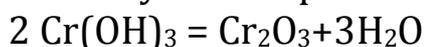
Для восстановления Cr (VI) можно также использовать  $\text{SO}_2$ :



Далее восстановленный хром осаждают известью:



Затем влажный осадок  $\text{Cr}(\text{OH})_3$  прокаливают до образования  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , служащего источником получения хрома в промышленности:



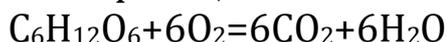
Две последние реакции являются иллюстрациями осаждения и термической обработки и используются для получения вторичного сырья, из которого экономически выгодно извлекать такие металлы, как Ni, Zn, Cu и Pb.

#### 4.3.4. Биохимическая очистка

Методы биохимической очистки применяются для удаления из сточных вод органических веществ.

А. Аэробная биохимическая очистка - это минерализация органического вещества промышленных или бытовых стоков в результате его окисления при содействии аэробных микроорганизмов (минерализаторов) в процессе использования ими этого вещества в качестве источника питания в условиях интенсивного потребления микроорганизмами растворенного кислорода:

При окислении протекает реакция



Было установлено, что органические вещества омертвевших организмов разрушаются под действием бактерий, если для последних созданы соответствующие условия, т.е. своевременно подается кислород и среда-носитель оказывается благоприятной для развития микроорганизмов.

В качестве среды-носителя был выбран песчаный слой толщиной 1,5 м. Доступ кислорода обеспечивался с помощью вентиляции или путем естественной тяги. Сточные воды сливались на грунт в течение 6 часов, а на биохимические процессы отводилось 18 часов. Культура микроорганизмов в этих условиях развивается в верхних слоях песка. Этот метод очистки впервые стал использоваться в 1866 году в Лондоне и получил название метода капельной фильтрации. Метод позволяет очистить  $1,038 \cdot 10^6$  л/сут. сточных вод при использовании 1 га песчаной почвы. Следовательно, Лондону в 1866 году для очистки  $1,57 \cdot 10^9$  л/сут. сточных вод было бы необходимо иметь 810 га подходящих земель. Но это слишком большая площадь.

Усовершенствование метода капельной фильтрации - перполяционный фильтр, т.е. разбрызгивание сточных вод на пласт щебня. Щебень не является фильтрующим материалом, а только способствует биологическому разрушению вещества в коллоидном и растворенном состоянии. Наиболее широко система с перполяционным фильтром стала применяться, когда

были достигнуты значительные успехи в области получения пластмасс с заданными свойствами. В современных системах очистки накопление бактериального материала осуществляется на пластмассовых дисках, укрепленных на вращающейся оси. Диски наполовину погружены в сточные воды, и, по мере их вращения, бактерии периодически снабжаются питательной средой и кислородом.

Параллельно с развитием метода капельной фильтрации осуществлялась разработка такой системы, в которой микроорганизмы находились бы во взвешенном состоянии, а не образовывали стационарного слоя на стенках среды-носителя. В настоящее время метод капельной фильтрации используют только при условии дешевой земли и мягкого климата.

Наиболее универсальным способом обработки сточных вод является обработка активным илом. Суть этого способа состоит в том, что сточные воды смешивают с илом, образовавшимся в результате предварительного окисления вод.

Как известно, ил представляет собой огромную популяцию различных бактерий, грибков и другой флоры, добавление которой к сточным водам приводит к быстрому установлению равновесия, способствующего разложению органических веществ. В результате образуются  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ .

По существу авторы нового способа обработки изменили естественный биологический цикл таким образом, что скорость потребления питательного вещества (скорость разложения органического вещества) увеличилась на несколько порядков. Дальнейшее усовершенствование этого способа было связано с разработкой методов надлежащего ухода и питания используемой популяции микроорганизмов.

Активный ил с точки зрения технолога представляет собой аморфный коллоид с поверхностью  $100 \text{ м}^2 / \text{г}$  сухого вещества. С точки зрения обывателя активный ил - это взвешенные в воде бурожелтые мелкие хлопья размером 3-150 мкм. В 1 г сухого ила содержится от  $10^8$  до  $10^{12}$  единиц бактерий. При этом определенный вид бактерий способен окислять определенные вещества.

Для синтеза биомассы используются неорганические вещества, поэтому их количество в сточных водах тоже уменьшается. Для успешного протекания реакций биохимического синтеза необходимо присутствие в сточных водах соединений биогенных элементов и микроэлементов. Основными из них являются азот, фосфор, калий и сера. Их содержание в обрабатываемых сточных водах нормировано, и при недостатке в сточные воды вносят азотные, фосфорные и калийные удобрения. Эти элементы в достаточном количестве содержатся в бытовых стоках, поэтому при совместной очистке бытовых и промышленных сточных вод добавлять биогенные вещества не требуется.

Бактерии, входящие в состав активного ила, способны перерабатывать только те сточные воды, из которых сформировался этот активный ил. Поэтому если в состав сточных вод вводятся новые вещества, то для наилучшей очистки необходимо время, чтобы в достаточном количестве размножились бактерии, способные окислять эти вещества. Иногда даже приходится завозить на вновь создаваемое предприятие активный ил с другого предприятия, где налажена очистка аналогичных по составу сточных вод и в состав активного ила входят нужные виды бактерий. Например: авиационное предприятие, где осуществлялась очистка сточных вод от фенолов, остановили на ремонт. Пришлось закупать, завозить и добавлять в активный ил фенол, чтобы популяция не погибла.

Обычно концентрацию активного ила поддерживают равной 2-4 г/л. В ходе очистки избыточное количество активного ила время от времени выскребают из очистных сооружений, так как его количество непрерывно растет.

Часть активного ила используют в качестве удобрения, если активный ил не содержит тяжелых металлов, другую часть стабилизируют, т.е. обрабатывают избытком кислорода для удаления всевозможных органических веществ, предотвращая таким образом гниение, а оставшееся количество поступает на анаэробное разложение.

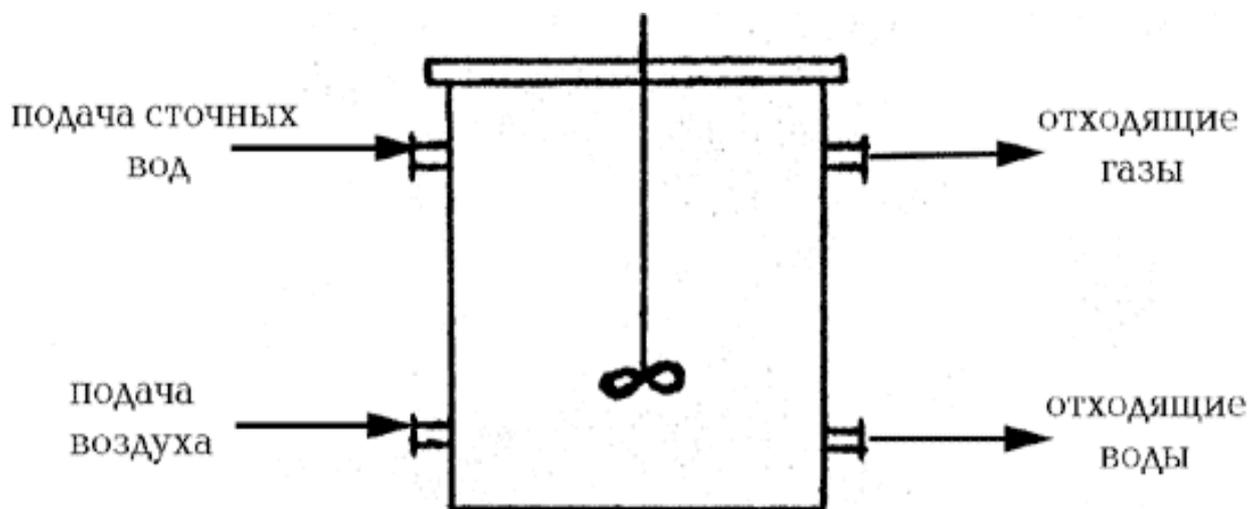
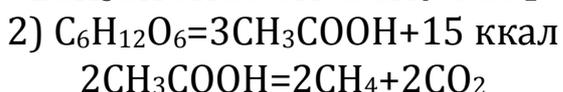


Рис. 8. Принципиальная схема окситенка

Аппарат для аэробной биохимической очистки представляет собой металлический резервуар - аэротенк или окситенк, принципиальная схема которого представлена на рис.8.

Б. Анаэробная биохимическая очистка (метановое брожение или ферментация) - это минерализация органического вещества промышленных или бытовых стоков в результате его окисления при содействии анаэробных микроорганизмов в процессе использования ими этого вещества в качестве источника питания.

Процессы анаэробного окисления протекают без доступа молекулярного кислорода, при этом источником кислорода в воде служат кислородосодержащие анионы: и т.д. В основе метода лежит способность определенных микроорганизмов в ходе своей жизнедеятельности сначала гидролизовать сложные органические соединения, а затем с помощью метанообразующих бактерий превращать их в метан и угольную кислоту. В качестве примера можно привести две возможные схемы процессов ферментации глюкозы:



Процесс анаэробной биохимической очистки проводят при температуре 30-55°C в метантенке, который представляет собой реактор с мешалкой и теплообменником и принципиально отличается от аэротенка тем, что в него не подается воздух.

Образующийся в результате метанового брожения газ состоит на 65% из метана и на 33% из углекислого газа. Он может быть

использован для обогрева самого метантенка, в котором происходит анаэробное брожение. Например, в США животноводческий комплекс, имеющий 500 голов свиней, за счет сжигания метана, образующегося при анаэробной очистке сточных вод, может не только обеспечивать себя электроэнергией, но и иногда в летнее время ее продавать.

Сброженный осадок имеет высокую влажность (95-98%). Его уплотняют, сушат и затем используют в качестве удобрения. Если осадок имеет токсичные примеси, то его сжигают. В свою очередь, образующиеся после анаэробной биохимической очистки сточные воды могут быть использованы для выращивания водорослей типа хлореллы, которые затем предназначаются на корм скоту.

К сожалению, не всякие сточные и природные воды могут быть очищены биохимическими методами, так как не все органические вещества разлагаются на станциях биохимической очистки. Так, не могут быть очищены воды, содержащие более 1000 мг/л фенолов, 300-500 мг/л спиртов, 25 мг/л нефтепродуктов. Практически не разрушаются бензин, красители, мазут и т.д.

Существуют определенные нормы на содержание вредных веществ в сточных и природных водах, которые поступают на биохимические очистные сооружения.

Следует отметить, что эффективность биохимической очистки на самых современных очистных установках составляет 90% по органическим веществам и 20-40% по неорганическим веществам, т.е. практически не снижается солесодержание.

Сравнительная характеристика методов очистки сточных вод представлена в табл. 3.

При очистке сточных вод целесообразно искать такие способы ликвидации отходов, которые давали бы возможность получать полезные продукты. Например, сахара отработанных сульфитных щелоков, образующихся в процессе сульфитной варки целлюлозы, являются питательной средой для дрожжей. Перед биологической обработкой щелока из него перегонкой с водяным паром удаляют  $SO_2$  и увеличивают рН до 5,0. Далее возможны два варианта биохимической очистки: аэробный и анаэробный.

А. Аэробная биохимическая очистка растворов сахаров является наиболее продуктивной для максимального увеличения массы дрожжей в случае, если дрожжи выращивают для пищевых целей. В этом процессе выделяется много энергии - 3,75 ккал на 1 кг выращенных дрожжей. Для благоприятного протекания реакции реактор охлаждают до 34-37°C и в него подводят большое количество воздуха. Так как сульфитный щелок не содержит соединений азота и фосфора, то их вводят в раствор дополнительно. При этом в качестве источника азота целесообразно использовать гидроксид аммония, так как он позволяет регулировать величину рН.

Таблица 3. Эффективность методов обработки сточных вод

Метод очистки	Процент удаления			Объем полученного ила (% от объема сточных вод)
	Взвешенное твердое вещество	БПК	Бактерии и типа КП	
Первичная очистка:				
Отстой	40-95	30-35	40-75	0,1-0,5
Химическое осаждение	75-95	60-80	80-90	0,5-1,0
Слив очищенных сточных вод	35-80	25-65	40-75	0,025-0,05
Вторичная очистка:				
Капельная фильтрация	20-80	60-90	70-85	0,1-0,5
Обработка активным илом	70-97	70-96	95-99	1,0-3,0

Содержимое реакторов уплотняют в центрифугах, охлаждают и высушивают. Высушенные лепешки превращают в хлопьевидную массу, которую упаковывают в мешки. Из 1 т отходов сульфитного

щелока получают 50 кг дрожжей, богатых протеином. При этом стоимость 1 кг дрожжей равна 11 центам.

Б. Ферментацию (анаэробную очистку) отходов сульфитного щелока осуществляют следующим образом. Обрабатываемый раствор находится в реакционной зоне в течение 15-20 часов. Для максимального превращения сахаров требуется проведение ступенчатой ферментации, т.е. необходимо несколько тенков и их количество иногда достигает 7. При семиступенчатом процессе превращение достигает 95%.

После завершения процесса ферментации жидкая масса содержит 1мас.% дрожжей. Дрожжи центрифугированием отделяют от спиртовой среды, затем их концентрацию тем же путем доводят до 10% и образующуюся массу возвращают в рециркуляционную систему для проведения повторной ферментации.

Путем перегонки осветленной жидкости из 1 тонны пульпы получают около 83 литров этилового спирта крепостью 90°. Получаемый этиловый спирт отличается высоким качеством и является превосходным сырьем для производства уксуса, уксусного альдегида и других химических продуктов.

#### **4.3.5. Удаление остаточных органических веществ**

После биохимической очистки могут остаться органические вещества плохо усваиваемые микроорганизмами. Лучший способ их удаления - адсорбция активированным углем, который впоследствии регенерируют. Обычно сточные воды пропускают через колонки с активированным углем, где обеспечивается с ним контакт в течение 20-40 минут. Это весьма эффективный метод, имеющий сравнительно простое аппаратное исполнение и позволяющий очистить сточные воды до БПК < 1 мг O<sub>2</sub>/л (меньше ГОСТ).

Адсорбция активированным углем эффективна для большинства органических соединений и ее используют для очистки бытовых стоков, отходов перегонки нефти, фенолов и других ароматических соединений. Неорганические вещества активированный уголь, как правило, не удаляет.

Некоторые органические соединения, обладающие высокой растворимостью (глюкоза и спирт) являются исключениями и плохо адсорбируются. Именно поэтому активированный уголь используется для обесцвечивания сахара.

Данный метод может быть рекомендован только для очистки больших объемов воды в связи с тем, что очистка воды

активированным углем является процесс длительным, а регенерация угля требует нагревания.

#### 4.3.6. Специальные методы очистки воды

Механическая, реагентная и биохимическая очистки не могут обеспечить обессоливания природных и сточных вод. Как известно, вода питьевого качества должна содержать не более 1000 мг/л солей, из которых хлоридов - 350 мг/л и сульфатов - 500 мг/л. Где же ее взять? Для этого существуют специальные методы выделения солей из сточных и природных вод.

А. Дистилляция (выпаривание) - это процесс разделения растворов путем выпаривания и последующей конденсации растворителя.

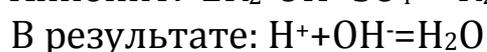
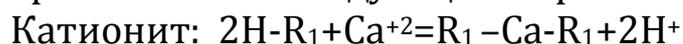
Этот метод хорошо освоен и широко применяется. Мощность выпарных установок составляет 15-30 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Одними из самых мощных выпарных установок обладают предприятия атомной энергетики, требующие опреснения морской воды. Основным недостатком этого способа - его большая энергоемкость, которая значительно увеличивает стоимость опреснения.

Б. Вымораживание - это метод разделения водных растворов путем их медленного охлаждения, в результате чего в первую очередь выпадают кристаллы льда, практически не содержащие солей.

По сравнению с дистилляцией у вымораживания имеются энергетические и конструкционные преимущества.

В. Ионный обмен - этот метод извлечения из воды растворенных в ней солей с помощью ионообменных смол.

Очень широкое применение этот метод нашел в практике умягчения воды, т.е. удаления из нее солей постоянной жесткости, которые служат серьезной помехой в сверхтонких технологиях (например, в фармацевтической промышленности). Схематично умягчение воды методом ионного обмена можно представить на примере соли CaSO<sub>4</sub> следующим образом.



Этот метод применяется во всех странах мира. В настоящее время ионный обмен является основным методом при приготовлении глубоко обессоленной воды для АЭС и ТЭС с котлами сверхвысокого и критического давления, а также он применяется в

водооборотных циклах на предприятиях, осуществляющих концентрирование и извлечение из сточных вод ценных компонентов (например, тяжелых металлов).

Основным недостатком технологических схем ионного обмена является избыток растворов солей после регенерации фильтров. Другими недостатками метода являются значительный расход воды на собственные нужды (20-60% от производительности установки) и необходимость удаления органических веществ, чтобы избежать отравления ионитов. Поэтому ионный обмен называют методом обессоливания и получения воды высокой степени очистки.

Г. Мембранные методы. К ним относятся электродиализ и гиперфильтрация (обратный осмос).

Электродиализ - это современный метод деминерализации и концентрирования растворов, основанный на направленном переносе ионов солей в поле постоянного тока через ионоселективные мембраны из естественных или синтетических материалов, в которых протекают рассмотренные выше процессы ионного обмена.

За рубежом этот метод получил широкое распространение для обессоливания морской воды. Например, в Ливии действует установка на 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут, а в США - на 400 тыс. м<sup>3</sup>/сут. Принципиальная схема электродиализа представлена на рис. 9.

Обратный осмос - это процесс разделения водных растворов путем их фильтрования под давлением выше осмотического (6-8 МПа) через полупроницаемую мембрану.

Метод характеризуется небольшими энергозатратами. За рубежом освоено производство установок производительность которых достигает 1 тыс. м<sup>3</sup>/сут, тогда как в России работают установки меньшей мощности. Основные трудности этого метода - создание полупроницаемых мембран и давления.

Все известные способы обессоливания сточных вод наряду с очищенной водой дают огромное количество растворов с высоким содержанием солей, рассолов и даже рапы. Эти концентрированные растворы необходимо либо утилизировать, либо обезвреживать.

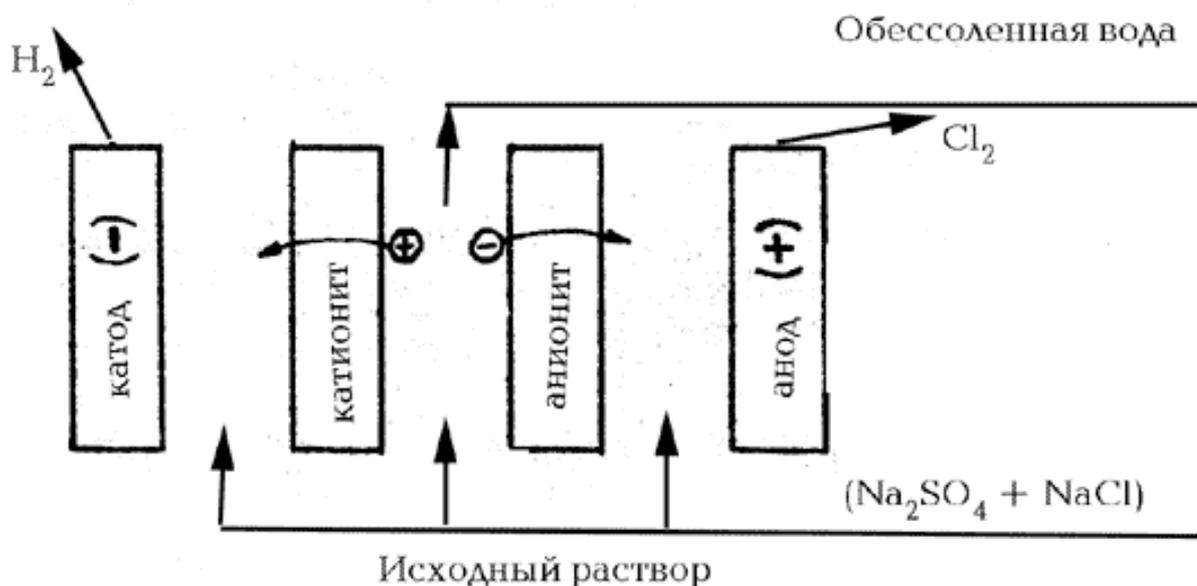


Рис.9. Принципиальная схема электродезаляции

#### Д. Обеззараживание воды

Хорошо известно, что через воду могут распространяться такие страшные заболевания, как холера, брюшной тиф, инфекционный гепатит, дифтерия и др. Поэтому последней стадией подготовки воды для питьевых и других нужд является ее обеззараживание, т.е. уничтожение болезнетворных микроорганизмов.

Многие годы обеззараживание воды осуществляли, обрабатывая ее хлором. Однако при таком способе обработки воды в ней образуются полихлорированные бифенилы, которые являются токсичными веществами. Окисляясь, они образуют абсолютные яды - диоксины. Летальная доза диоксидов для свиней, являющихся тест-объектами, составляет 10 мкг/кг их веса. Эту дозу организм может набрать постепенно.

Проведенные исследования привели ученых к выводу о возможной вредности хлорирования воды. Во многих странах Европы и в США в 80-е годы перешли к фторированию воды, но оказалось, что оно тоже вредно. Поэтому во всем мире, и в России тоже, отдают предпочтение озонированию воды.

#### Вопросы к разделу 4

1. Дайте определение и характеристику гидросферы.
2. Назовите основные проблемы морей и озер на примере Российских водоемов.
3. Назовите основные три группы сточных вод.
4. По каким показателям оцениваются сточные воды?

5. Какие характеристики сточных вод влияют на состояние водоемов?
6. Какие процессы приводят к самоочищению водоемов?
7. Назовите основные положения, учитываемые при создании водооборотных систем.
8. Объясните преимущества замкнутых водооборотных систем.
9. Что такое критерий кратности использования воды?
10. Сформулируйте основные положения создания водооборотных систем.
11. Дайте классификацию основных методов очистки промышленных сточных вод.
12. Какие основные устройства используются для механической очистки сточных вод?
13. В каких случаях необходимо применять отстойники-осветлители?
14. Назовите виды химической очистки сточных вод.
15. Охарактеризуйте аэробную биохимическую очистку сточных вод.
16. Что собой представляет активный ил, используемый в биохимической очистке сточных вод?
17. Что лежит в основе анаэробного метода биологической очистки?
18. Каким образом удаляются органические вещества, плохо усваиваемые микроорганизмами?
19. В чем суть выпаривания? В каком случае оно применяется?
20. В чем суть вымораживания? В каком случае оно применяется?
21. В каких случаях необходимо применять метод ионного обмена?
22. В чем суть электродиализа? Когда его используют?
23. Охарактеризуйте метод обратного осмоса.
24. В чем заключается опасность хлорирования воды?

## **5. Основные виды загрязняющих веществ текстильного отделочного производства и методы их очистки**

Современное состояние текстильной промышленности характеризуется увеличением выпуска товарной продукции, существенным возрастанием доли инвестиций (как отечественных, так и зарубежных), возрождением производства на многочисленных текстильных предприятиях, вынужденных (по различным причинам) простаивать с середины 90-х годов прошлого века.

Сделать эту положительную динамику стабильной - одна из основных задач системы эффективного управления текстильными предприятиями.

Элементом такого эффективного управления является переход работы предприятия на общемировые и общеевропейские нормы, четко оговоренные в международных стандартах серий ИСО-9000 (качество) и ИСО-14000 (экология). Этот переход особенно важен и своевременен в связи со вступлением России в ВТО и общей тенденцией к глобализации промышленно развитых стран.

Всестороннее и квалифицированное внедрение этих международных стандартов является основой для построения системы эффективного управления текстильными предприятиями, создает базу для выпуска широкого ассортимента экологически чистых текстильных изделий.

Международный экологический стандарт ИСО-14000 – система экологического менеджмента промышленного предприятия - является наиболее значимой международной природоохранной инициативой, позволяющей сформулировать современную экологическую политику предприятия.

Основной документ серии ИСО 14000 не содержит никаких "абсолютных" требований к воздействию предприятия на окружающую среду, за исключением того, что предприятие в специальном документе должно объявить о своем намерении активно участвовать в охране окружающей среды и все свои действия проводить в соответствии с национальными стандартами в этой области.

Основу идеологии экологического менеджмента составляет убежденность, что ключом к созданию экологичного текстильного производства является выстраивание надлежащей организационной структуры и распределение ответственности за охрану окружающей среды на соответствующих уровнях производства. Для текстильного производства особую роль приобретает задача отслеживания экологической чистоты в производственной среде.

Особенно это касается экологической чистоты конечной товарной продукции. Международными стандартами в области экологического качества текстильной продукции (ЕКО-ТЕХ-100) предусмотрено определение в текстильных изделиях следующих основных компонентов:

- тяжелых металлов (мышьяк, свинец, кадмий, хром, кобальт, медь, никель, ртуть);
- летучих органических соединений (формальдегид, толуол, стирол, винилциклогексен, 4-фенилциклогексен, бутадиен, винилхлорид и др.);
- хлорированных органических соединений (хлорфенолы, хлорбензолы, хлортолуолы и др.);
- пестицидов (алдрин, карборил, диелдрин, эндосульфат, эндрин, гептахлор, гептахлорэпоксид, гексахлорбензол, гексахлорциклогексан, линдан, метоксихлор, мирекс, токсафен, трифлураин и др.);
- продуктов деструкции красителей (4-аминобифенил, бензидан, 4-хлор-о-толуидин, 2-нафтиламин, аминотолуолы, производные анизола, бензидина и анилина и др.).

Особое внимание в стандарте ЕКО-ТЕХ-100 уделяется анализу содержания в текстильных материалах пентахлорфенола, который используется в процессе десикации хлопчатника и является основным "поставщиком" суперэкотоксикантов - диоксинов, содержание которых было недавно обнаружено в сточных водах текстильных хлопчатобумажных предприятий.

Необходимость проведения достаточно жесткой экологической сертификации текстильной продукции обусловлена двумя основными причинами.

Первое - это желание современного покупателя быть уверенным в качестве, в т.ч. и в экологической чистоте, приобретаемой текстильной продукции. Покупатель должен быть убежден, что эта продукция не содержит токсичных веществ (или содержание этих веществ не превышает установленных пределов) и не представляет угрозы для здоровья. Особенно это касается детского ассортимента текстильной продукции.

Решение этой проблемы в странах Западной Европы обычно достигается введением для текстильной продукции так называемых эко-этикеток, наличие которых на упаковке свидетельствует об экологической чистоте продукции. Подобная визуализация экологической сертификации текстильной продукции предусматривается в ближайшее время и в России.

Вторым фактором является неизбежность в самом ближайшем будущем более широкого выхода российской текстильной продукции на западно-европейский и мировой рынок. Отсутствие экологического сертификата и экологических маркировок, соответствующих международным стандартам, на отечественную текстильную продукцию может существенно (если не полностью) ограничить ее поступление на этот рынок и не будет способствовать окончательному выходу российской текстильной промышленности из экономической нестабильности.

Не менее интересной представляется также постановка вопроса о специальном выпуске т.н. "экологически чистой текстильной продукции" (по образу экологически чистых продуктов питания), для получения которой заведомо будут использованы соответствующие "экологически чистые" технологии, например, при крашении - природные красители, при отбелке - только пероксид водорода и т.п.

Исходным материалом для этой текстильной продукции должен быть волокнистый материал, не содержащий в своем составе в качестве примесей пестицидов, гербицидов, хлорсодержащих органических соединений и других вредных веществ.

## **5.1. Тяжелые металлы**

Краткая характеристика соединений тяжелых металлов

### ***Железо общее***

Значительные количества железа поступают в водоемы с подземным стоком и со сточными водами предприятий металлургической, металлообрабатывающей, текстильной, лакокрасочной промышленности и с сельскохозяйственными стоками.

Главными источниками соединений железа в поверхностных водах являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением.

В процессе взаимодействия с содержащимися в природных водах минеральными и органическими веществами образуется

сложный комплекс соединений железа, находящихся в воде в растворенном, коллоидном и взвешенном состояниях.

Фазовые равновесия зависят от химического состава вод, pH и в некоторой степени от температуры. В рутинном анализе во взвешенную форму выделяют частицы с размером более 0,45 мкм. Она представлена преимущественно железосодержащими минералами, гидратом оксида железа и соединениями железа, сорбированными на взвесьях. Истинно растворенную и коллоидную форму обычно рассматривают совместно.

Растворенное железо представлено соединениями, находящимися в ионной форме, в виде гидроксокомплексов и комплексов с растворенными неорганическими и органическими веществами природных вод. В ионной форме мигрирует Fe (II), а Fe (III) в отсутствие комплексообразующих веществ не может в значительных количествах находиться в растворенном состоянии.

В результате химического и биохимического (при участии железобактерий) окисления Fe (II) переходит в Fe (III), которое, гидролизуясь, выпадает в осадок в виде Fe(OH)<sub>3</sub>.

Как для Fe (II), так и для Fe (III) характерна склонность к образованию гидроксокомплексов типа [Fe(OH)<sub>2</sub>]<sup>+</sup>, [Fe<sub>2</sub>(OH)<sub>2</sub>]<sup>4+</sup>, [Fe<sub>2</sub>(OH)<sub>3</sub>]<sup>3+</sup>, [Fe(OH)<sub>3</sub>]<sup>-</sup> и других, сосуществующих в растворе в разных концентрациях в зависимости от pH и в целом определяющих состояние системы железо-гидроксил.

Основной формой нахождения Fe (III) в поверхностных водах являются его комплексные соединения с растворенными неорганическими и органическими соединениями, главным образом гумусовыми веществами. При pH 8,0 основной формой является Fe(OH)<sub>3</sub>. Коллоидная форма железа наименее изучена, она представляет собой гидрат оксида железа Fe(OH)<sub>3</sub> и комплексы с органическими веществами.

Содержание железа в поверхностных водах суши составляет десятые доли миллиграмма в 1 л, вблизи болот — единицы миллиграммов в 1 л. Повышенное содержание железа наблюдается в болотных водах, в которых оно находится в виде комплексов с солями гуминовых кислот — гуматами. Наибольшие концентрации железа (до нескольких десятков и сотен миллиграммов в 1 л) наблюдаются в подземных водах с низкими значениями pH.

Являясь биологически активным элементом, железо в определенной степени влияет на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоеме.

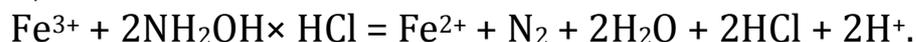
Концентрация железа подвержена заметным сезонным колебаниям. Обычно в водоемах с высокой биологической продуктивностью в период летней и зимней стагнации заметно увеличение концентрации железа в придонных слоях воды. Осенне-весеннее перемешивание водных масс (гомותרмия) сопровождается окислением Fe (II) в Fe (III) и выпадением последнего в виде Fe(OH)<sub>3</sub>.

Поскольку соединения железа в воде могут существовать в различных формах, как в растворе, так и во взвешенных частицах, точнее результаты могут быть получены только при определении суммарного железа во всех его формах, так называемого общего железа.

Перевод железа в растворимую форму, пригодную для анализа, проводят, добавляя к пробе определенное количество сильной кислоты (HNO<sub>3</sub>, HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) до pH 1 – 2.

Определение железа основано на способности Fe (II) в интервале pH 3–9 образовывать с орто-фенантролином комплексное оранжево-красное соединение.

При наличии в воде Fe (III), его восстанавливают до Fe (II) солянокислым гидроксиламином в нейтральной или слабокислой среде по реакции:



Метод практически селективен при анализе природных поверхностных вод и питьевой воды.

Мешают: Cu и Co > 5 мг/л, Ni > 2 мг/л, Mn > 50 мг/л, большое количество CN<sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>.

Содержание железа в воде выше 1-2 мг Fe/л значительно ухудшает органолептические свойства, придавая ей неприятный вяжущий вкус, и делает воду малоприспособленной для использования в технических целях.

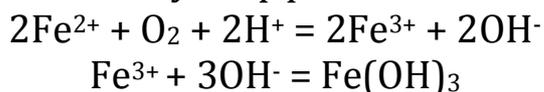
ПДК железа составляет 0,3 мг Fe/л (лимитирующий показатель вредности — органолептический).

Обезжелезивание воды осуществляется различными методами. Когда в воде находится трехвалентное железо в форме взвеси (системы подачи подземной воды через водонапорные башни), достаточно применения отстаивания и фильтрации на механических фильтрах с размером пор до 5 мкм.

Если требуется удалить из воды двухвалентное железо и марганец в растворенном состоянии, их необходимо предварительно

окислить и перевести в нерастворимое состояние. Окисление проводят кислородом воздуха, озоном, хлором, перманганатом калия. Частицы окисленного железа и марганца в фазе гидроксидов отфильтровывают на механических фильтрах.

Обезжелезивание воды механической фильтрацией производится на традиционных гравийных, песчаных или антрацитовых загрузках. Но поскольку процессы окисления и формирования хлопьев являются довольно длительными, данный метод очистки воды имеет низкую эффективность.



Эффективность механических фильтров возрастает после образования на частицах фильтрующих слоев гидроксида железа  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ , работающих в качестве катализатора для дальнейшего окисления.

В последние годы начато производство специальных высокоэффективных каталитических загрузок для деманганизации и обезжелезивания воды. Это Birn, пиролюзит, магнетит, Greensand, а также их аналоги с другими названиями.

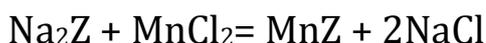
Фильтрующие загрузки нового поколения являются природными материалами, содержащими диоксид марганца - пиролюзит, и цеолитами, в которые диоксид марганца вводится при обработке. При очистке воды от двухвалентного железа и поливалентного марганца на фильтрах с загрузкой Birn, происходит окисление железа и марганца с образованием нерастворимых гидроксидов, осаждающихся на загрузке.

Загрузка Birn является горной породой, содержащей природный диоксид марганца, который эффективно работает в присутствии в воде растворенного кислорода. Если содержание железа составляет 1-2 мг/л, при пропускании воды через каталитическую загрузку Birn присутствующего в воде кислорода воздуха достаточно для окисления железа. В процессе обезжелезивания воды, образующиеся хлопья  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  отфильтровываются на слое загрузки.

При значительном содержании железа в воде (10 мг/л) для окисления всего железа в воду требуется ввести кислород воздуха. Воздух можно подавать непосредственно в питающий трубопровод фильтра осветлителя при помощи эжектора или

компрессора, а также методом объемной аэрации. Фильтр и блок автоматического управления аналогичны механическому, но установка обезжелезивания снабжена автоматическим воздухоотделителем. При дополнительной подаче воздуха до фильтра желательнее иметь деаэрационную установку.

Greensand является цеолитом (минерал глауконит), в структуру которого введен марганец. Manganese Greensand является натриевым глауконитом, обработанным раствором хлорида марганца, который необратимо поглощается цеолитом.

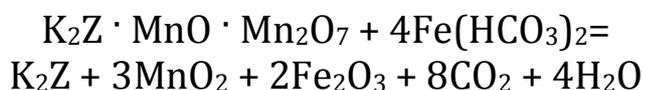


При последующем контактировании с раствором перманганата калия на поверхности частиц образуется слой окислов марганца:



В такой форме марганцевый цеолит служит источником кислорода, окисляющим ионы  $\text{Fe}^{2+}$  до  $\text{Fe}^{3+}$ .

В окисленном состоянии железо и марганец осаждаются в виде нерастворимых гидроксидов:



Пленка высших оксидов марганца расходуется на окисление железа и марганца, следовательно, необходимо ее постоянное или периодическое восстановление.

Для этого загрузка предварительно обрабатывается раствором перманганата калия, либо осуществляется его постоянное дозирование в воду перед подачей на фильтр с использованием системы дозирования реагентов.

На рис. 10 представлена система обезжелезивания воды. При каждой регенерации загрузки производится обработка перманганатом калия.

Регенерация включает взрыхление загрузки подачей воды снизу, при котором из фильтрующего слоя удаляются хлопья  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  и взвешенные вещества.

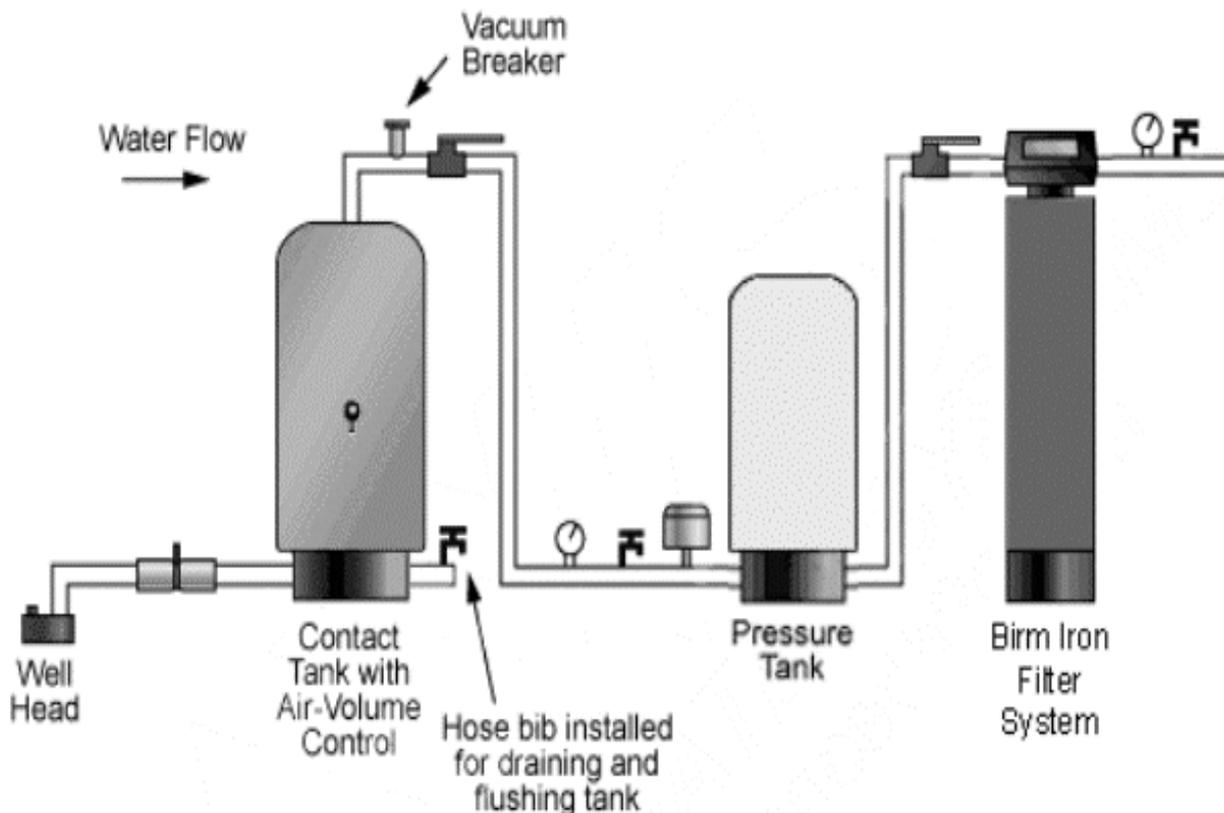


Рис.10. Схема обезжелезивания воды с использованием каталитической загрузки Birm

На следующем этапе в фильтр сверху подается определенное количество раствора перманганата калия, затем производится отмывка загрузки водой до отсутствия в ней следов  $\text{KMnO}_4$ . Для эффективной регенерации раствор перманганата калия дозируется со значительным избытком, поступающим в промывные воды.

Greensand имеет более высокую плотность и требует большего расхода воды на взрыхление, чем Birm, но обеспечивает более эффективную фильтрацию, дает возможность удалять до 20 мг/л железа и до 5 мг/л марганца.

Наиболее трудно извлекается железо, находящееся в составе органических соединений. Комплексы гуминовых кислот очень стойкие и при обработке обычными окислителями разрушаются не полностью. Хлорирование дает незначительный эффект и приводит к образованию токсичных веществ. Более эффективным и экологически безопасным является озонирование. Так как вода имеет различный состав, эффективность ее обработки может быть установлена только экспериментально. В ряде случаев озонирование не дает требуемого эффекта.

### **Сумма тяжелых металлов**

Говоря о повышенной концентрации в воде металлов, как правило, подразумевают ее загрязнение тяжелыми металлами (Cd, Pb, Zn, Cr, Ni, Co, Hg и др.). Тяжелые металлы, попадая в воду, могут существовать в виде токсичных растворимых солей и комплексных соединений, коллоидных частиц, осадков.

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

Токсиканты оказывают отрицательное действие на организмы при любой концентрации. В то время как микроэлементы имеют область недостаточности, вызывающей отрицательный эффект, и область необходимых для жизни концентраций, при повышении которых снова возникает отрицательный эффект. Типичными токсикантами являются Cd, Pb, Hg, микроэлементами - Mn, Cu, Co.

**Медь** является микроэлементом. Содержится в организме человека главным образом в виде комплексных органических соединений и играет важную роль в процессах кроветворения. Во вредном воздействии избытка меди решающую роль играет реакция катионов  $Cu^{2+}$  с SH – группами ферментов. Изменения содержания меди в сыворотке и коже обуславливает явление депигментации кожи.

Отравления соединениями меди могут приводить к расстройствам нервной системы, нарушениям функций печени и почек и т. п. ПДК меди в воде водоемов хозяйственно – питьевого и культурно–бытового назначения составляет 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности – органолептический.

**Цинк** является микроэлементом и входит в состав некоторых ферментов. Он содержится в крови (0,5 – 0,6), мягких тканях (0,7 – 5,4), костях (10 – 18), волосах (16 – 22) $10^{-3}\%$ .

Находится в организме в динамическом равновесии, которое сдвигается в условиях повышенных концентраций в окружающей среде. Отрицательное воздействие соединений цинка может выражаться в ослаблении организма, повышенной заболеваемости, астмоподобных явлениях и пр. ПДК цинка в воде водоемов составляет 1,0 мг/л, лимитирующий показатель вредности – общесанитарный.

**Кадмий.** Соединения кадмия очень ядовиты. Действуют на многие системы организма – органы дыхания и желудочно-кишечный тракт, центральную и периферическую нервные системы. Механизм действия соединений кадмия заключается в угнетении

активности ряда ферментов, нарушении фосфорно–кальциевого обмена, нарушении метаболизма микроэлементов (Zn, Cu, Fe, Mn, Se). ПДК в воде водоемов составляет 0,001 мг/л, лимитирующий показатель вредности – санитарно-токсикологический.

**Ртуть.** Ртуть относится к ультрамикроэлементам и постоянно присутствует в организме, поступая с пищей. Неорганические соединения ртути (в первую очередь катионы Hg<sup>+</sup>) реагируют с SH-группами белков, а также с карбоксильными и аминными группами тканевых белков, образуя прочные комплексные соединения – металлопротеиды. В результате возникают глубокие нарушения функций центральной нервной системы, особенно высших ее отделов.

Из органических соединений ртути наибольшее значение играет метилртуть, которая хорошо растворима в липидных тканях и быстро проникает в жизненно важные органы, и в том числе в мозг. В результате возникают изменения в вегетативной нервной системе, периферических нервных образованиях, в сердце, сосудах, кроветворных органах, печени, нарушения в иммунобиологическом состоянии организма.

Соединения ртути обладают также эмбриотоксическим действием (приводят к нарушению плода у беременных). ПДК – 0,0005 мг/л. Лимитирующий показатель вредности санитарно-токсикологический.

**Свинец.** Соединения свинца – яды, действующие на все живое, вызывающие изменения особенно в нервной системе, крови, сосудах. Подавляют многие ферментативные процессы. Дети более восприимчивы к воздействию соединений свинца, чем взрослые. Обладают эмбриотоксическим действием, приводят к энцефалопатии и поражениям печени, угнетают иммунитет.

Органические соединения свинца (тетраметилсвинец, тетраэтилсвинец) – сильные нервные яды, летучие жидкости. Являются активными ингибиторами обменных процессов. Для всех соединений свинца характерно кумулятивное действие. ПДК 0,03 мг/л, лимитирующий показатель – санитарно-токсикологический.

Тяжелые металлы извлекают из раствора в виде их дитизонатных комплексов (экстракцией раствором дитизона в четыреххлористом углероде), избыток дитизона удаляют, полученную смесь дитизонатов обрабатывают солью ртути (II).

Поскольку ртуть образует с дитизоном наиболее устойчивое комплексное соединение, дитизонаты всех перечисленных металлов превращаются в дитизонат ртути  $Hg(HDz)_2$ . Измеряют оптическую плотность его раствора при  $\lambda = 485$  нм. Проводят предварительное разрушение комплексных соединений тяжелых металлов.  $Fe^{3+}$  связывают тартратом натрия.

ПДК тяжелых металлов (мэкв/л) располагаются в следующем ряду: Cd ( $1,8 \cdot 10^{-4}$ ), Pb ( $9,7 \cdot 10^{-4}$ ), Cu ( $3,1 \cdot 10^{-3}$ ), Ni ( $3,4 \cdot 10^{-3}$ ), Zn ( $3,1 \cdot 10^{-2}$ ). Если найденное суммарное содержание тяжелых металлов превосходит первое из этих значений, приступают к определению содержания отдельных металлов, начиная с кадмия, вычитая из суммы найденный результат определения до тех пор, пока разность не окажется ниже ПДК следующего по порядку металла. ПДК  $\Sigma Me = 0,001$  ммоль/л.

Проведение комплексной оценки качества текстильной продукции в соответствии с Международными стандартами - одно из возможных путей получения положительных результатов как в области охраны окружающей среды в текстильной промышленности, так и в сфере маркетинга текстильной продукции.

Содержание тяжелых металлов в текстильной продукции регламентируется стандартом ЭКО-ТЕХ-100, в соответствии с которым обязательному определению подлежат мышьяк, свинец, кадмий, хром, кобальт, медь, никель, ртуть.

Таблица 4. Максимально возможное количество экстрагируемых из ткани тяжелых металлов (Стандарт ЭКО-ТЕХ-100),ppm

Элемент	Классы текстильной продукции			
	Детский	При контакте с кожей	Без контакта с кожей	Отделочные материалы
Мышьяк	200	1000	1000	1000
Свинец	200	1000	1000	1000
Кадмий	100	100	100	100
Хром	1000	2000	2000	2000
Кобальт	1000	4000	4000	4000
Медь	25000	50000	50000	50000
Никель	1000	4000	4000	4000
Ртуть	20	20	20	20

Нормы содержания этих элементов в соответствии со стандартом ЕКО-ТЕХ-100 и в зависимости от класса текстильной продукции приведены в табл.4.

Анализ содержания металлов в соответствии со стандартом может быть осуществлен с использованием искусственных растворов, моделирующих пот и слюну и экстрагирующих металлы из текстильного материала. Экстрагированные металлы анализируют далее методами атомной абсорбционной спектроскопии (ААС) и спектроскопии (UV-VIS).

Наиболее прогрессивный метод определения содержания металлов (особенно в жидких образцах после экстракции) - масс-спектрометрия с ионизацией в индуктивно связанной плазме (PLASMA-QUAD PQ2-TURBO PLUS). Метод позволяет анализировать металлы (диапазон анализируемых масс: от 0 до 300 а.е.м.) в пробе при их содержании от  $1 \cdot 10^{-9}$  г/мл (ppb) до нескольких процентов. Обычно этот метод одновременно дает информацию о содержании в анализируемой пробе 74 элементов периодической системы, в том числе и о содержании тех металлов, анализ которых обязательно предусмотрен стандартом ОЕКО-ТЕХ-100.

Положительные результаты по анализу металлов в составе текстильной продукции были получены методом плазменной фотометрии на приборе ICAP-9000 (THERMO-GERAL-H,USA).

Данные о токсичности этих элементов приведены в табл.5. В качестве критерия токсичности соединений того или иного элемента был выбран показатель ПДКВ - предельно допустимая концентрация химического вещества в водоеме, которая не оказывает прямое или косвенное влияние на организм человека и на здоровье последующих поколений и не ухудшает гигиенические условия водопользования.

Таблица 5. Среднее значение ПДКВ наиболее распространенных элементов, ppb

Элемент	ПДКВ	Элемент	ПДКВ	Элемент	ПДКВ
Калий	50000	Барий	4000	Молибден	250
Кальций	180000	Бор	400	Ванадий	100
Магний	15000	Марганец	5500	Германий	100000
Натрий	120000	Титан	100	Литий	30
Железо	500	Висмут	500	Сурьма	50
Стронций	200	Цинк	3000	Олово	2000

Таблица 6. Значения ПДК<sub>і</sub> по стандарту ЕКО-ТЕХ-100 и данные ПДКВ, ppb

Элемент	ПДК <sub>і</sub> ЕКО-ТЕХ-100	Элемент или его соединение	ПДКВ
As	1000	As	30
		As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	50
		As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	10(30)
Pb	1000	Pb	30
		Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	100(65)
Cd	100	Cd	1
		CdO, CdCl <sub>2</sub>	10(7)
Co	4000	Co	100
		Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CoSO <sub>4</sub> , CoCl <sub>2</sub>	1000(775)
Cu	50000	Cu, Cu(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , CuO	1000(775)
		CuSO <sub>4</sub>	100
Cr	2000	Cr(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	500(300)
		CrO <sub>3</sub>	100
Ni	4000	Ni, NiSO <sub>4</sub> , NiCl <sub>2</sub>	100(100)
Hg	20	Hg	0,5
		Hg <sub>2</sub> (NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , HgO, HgCl <sub>2</sub>	5(4)

Примечание: В скобках приведены средние значения ПДКВ.

При сопоставлении величин ПДКВ со значениями ПДК<sub>і</sub> по стандарту ЕКО-ТЕХ-100 для As, Pb, Cd, Co, Cu, Cr, Ni, и Hg было установлено наличие корреляции между этими величинами. Исключение составляли только Cu и Ni, для которых нормы стандарта ЕКО-ТЕХ-100 существенно занижены по сравнению с известными значениями ПДКВ для этих металлов и их соединений (табл.6).

Например, при сравнении Cu и Co - значения ПДКВ<sub>ср</sub> для этих элементов одинаковы, а нормы ЕКО-ТЕХ-100 отличаются более чем на порядок.

Зависимость между ПДК<sub>і</sub> и (ПДКВ)<sub>ср</sub> имеет вид (коэффициент корреляции R=0,97):

$$\text{ПДК}_i = 419,8 + 4,7\text{ПДКВ}_{\text{ср}}$$

Технологии, предлагаемые для очистки сточных вод предприятия от соединений тяжёлых металлов и красителей.

Известно, что текстильное производство потребляет большое количество воды — на производство 1 кг ткани затрачивается 100-200 кг воды. Сточные воды текстильных производств в качестве основных загрязнителей содержат красители, соединения тяжелых металлов, поверхностно-активные вещества, вредные органические соединения и др. Очистка сточных вод текстильных производств от этих загрязнителей является основной задачей инженерной экологии на текстильных предприятиях.

В основе этой системы лежит блочный принцип размещения технологического оборудования, элементы которого конструктивно связаны друг с другом тепло- и массообменными потоками. Компактность оборудования и простота технологии позволяют использовать такое техническое решение непосредственно в месте образования технологических сточных вод, например, в красковаркопечатном цехе текстильных предприятий.

Технологические сточные воды, очищенные от загрязнений, можно будет использовать повторно в технологических операциях, например, на стадии промывки тканей, что позволит частично или полностью решить проблему оборотного водоснабжения на текстильных предприятиях.

Создание локальной системы очистки технологических сточных вод на промышленных предприятиях непосредственно в месте образования загрязненных стоков является в настоящее время наиболее прогрессивной технологической инициативой, получившей название «cleaner production».

Предлагаемый путь решения задачи – локальная очистка производственных стоков от цехов текстильного производства, предусматривающая использование нового доступного отечественного углеродсодержащего гель-сорбента.

Особенность действия этого нового гель-сорбента заключается в том, что образование сорбента происходит непосредственно в процессе выделения красителей и тяжелых металлов из стоков. Сорбент вместе с сорбированными частицами красителя и соединениями тяжелых металлов легко выводится из системы фильтрованием через слой углеродсодержащего материала с последующей термической обработкой фильтрата и переводом красителей и тяжелых металлов в биостабильную форму.

Гель-сорбент имеет следующий состав и характеристики: зола 4-6 мас. %; летучие 40-60 мас. %; содержание общей серы в сухом веществе 1-2 мас. %; состав (% на сухое беззольное состояние - на горючую массу): углерод 65-80; водород 3,5-5,5; азот 0,2-1,5; сера и кислород, суммарно 20-30; атомное отношение Н/С 0,5-0,8; атомное отношение О/С-0,2-0,4.

Процесс выделения красителей и тяжелых металлов из технологического раствора происходит в результате подкисления растворимой щелочной Na-формы углеродсодержащего гель-сорбента, имеющей рН = 7,05-13,8.

Выделение сорбента проводят фильтрованием. Фильтровальным материалом является углеродсодержащий материал. Отработанный фильтровальный материал направляют на стадию термического окисления, а маточный раствор после фильтрования используют как оборотную технологическую воду на стадиях текстильного производства.

Процесс по предлагаемой технологии проводят на установке для очистки сточных вод от красителей и тяжелых металлов, которая представляет собой секционный многофункциональный аппарат, конструктивно выполненный в виде колонны и состоящий из трех основных зон: реагентной, осаждения и фильтрования (рис.11).

С целью улучшения характеристик работы установки для очистки технологических сточных вод текстильных производств оптимизируют технологические режимы ее работы: соотношение и концентрацию реагентов, кислотность среды, режим перемешивания и др.

Установка имеет модульный принцип (имеет три различные функциональные зоны). Высокая надежность работы обусловлена ее конструкционной простотой. Установка имеет два электропривода: насос для подачи исходной технологической сточной воды в верхнюю реагентную зону и привод перемешивающего устройства, расположенного в этой же зоне.

Поскольку работа установки происходит в широких диапазонах изменения рН (от 2 до 13), оборудование выполнено из соответствующего материала. Единственным ограничением работы является объем перерабатываемых сточных вод.

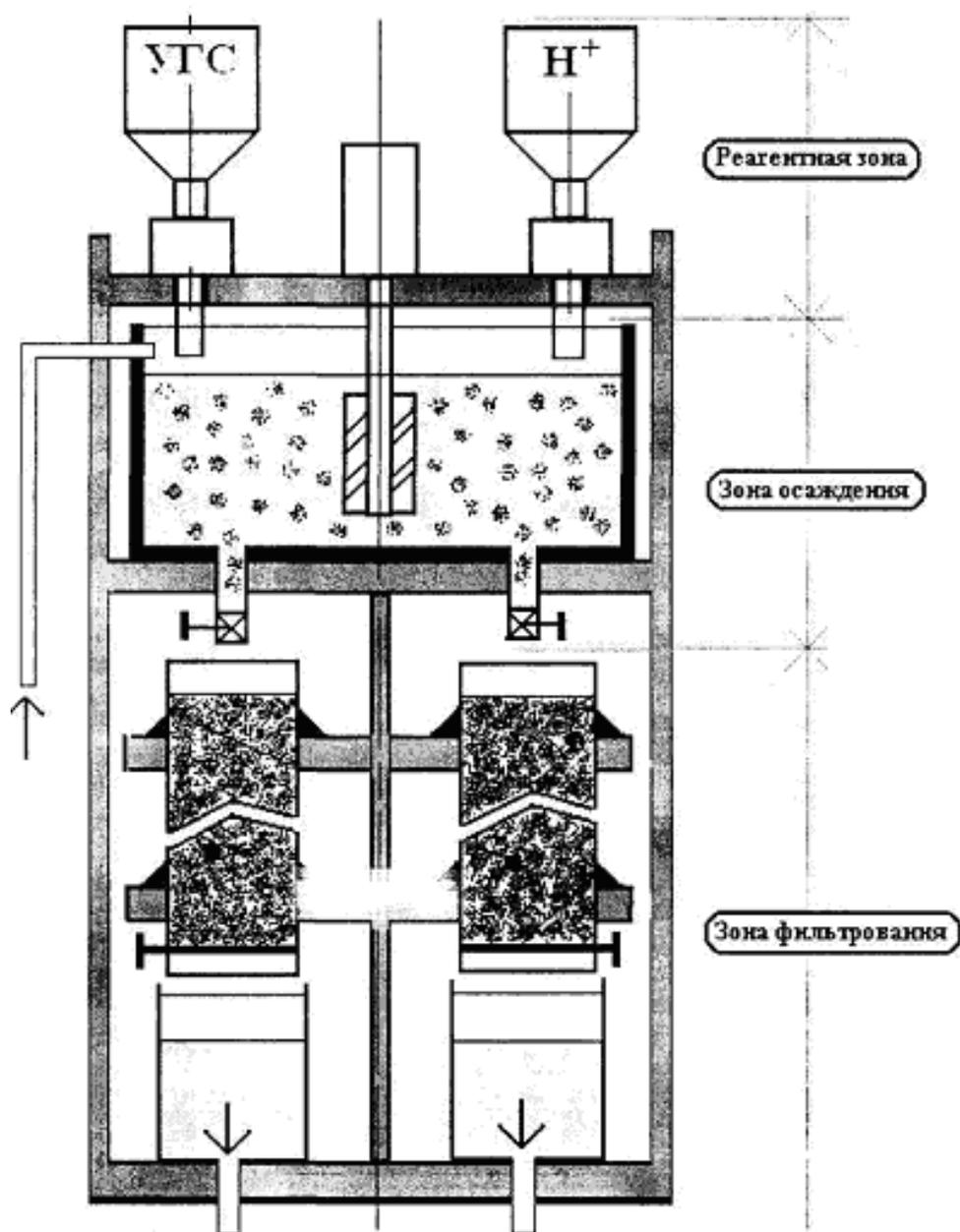


Рис. 11. Установка для очистки сточных вод от красителей и тяжелых металлов

Технология и установка предназначены для решения важной экологической проблемы - локальной очистки производственных стоков от цехов текстильного производства. В результате работы установки образуется сорбент и фильтрат. Сорбент (углеродсодержащий) содержит адсорбированные частицы красителей и соединения тяжелых металлов и после срабатывания отправляется на стадию термической обработки (сжигание), где полностью переводится в биостабильную форму.

Фильтрат (технологическая вода) после нейтрализации используется в системе оборотного водоснабжения на текстильном предприятии.

Окупаемость затрат, связанных с созданием и эксплуатацией установки для локальной очистки производственных стоков от цехов текстильных производств, составляет 1,5-2 года. Затраты компенсируются:

- сокращением затрат, связанных с очисткой сточных вод, направляемых на городскую станцию биохимической очистки сточных вод (ориентировочно: на 2,5-3,1 руб. на 1 м<sup>3</sup> сточной воды);

- сокращением затрат, связанных с водопотреблением, за счёт расширения сети оборотного водоснабжения (внедрение локальной очистки сточных вод позволит на 7,3-9,6 % снизить потребление на текстильных предприятиях);

- снижением штрафных санкций за загрязнение окружающей среды (по предварительным оценкам - до 250 тыс. руб. в год на каждом текстильном предприятии).

Технология полной щелочной очистки сточных вод предприятий от катионов хрома, алюминия, цинка, олова, свинца, бериллия и титана основана на их осаждении в виде гидроксидов в результате нейтрализации кислых растворов их щелочными растворами. При этом при взаимодействии катионной формы комплекса с анионной (одного и того же металла) уже на первой стадии реакции образуются биядерные соединения, что способствует получению более плотных и менее растворимых форм осадков гидроксидов этих металлов.

Принципиальная схема массопотоков при осаждении и выделении гидроксидов металлов из сточных вод предусматривает поступление сточных вод в накопительную емкость, откуда они направляются в щелочной реактор, в который подается раствор щелочи для образования анионных форм комплексов металла.

Затем раствор, содержащий анионные формы, перекачивается в нейтрализатор, в котором они реагируют с поступающими туда исходными кислыми сточными водами, содержащими катионные формы комплексов, с образованием плотного осадка гидроксида металла, который осаждается и затем утилизируется. Например, гидроксид хрома может быть использован для получения шлифовальной пасты, типа пасты ГОИ. В результате из нейтрализатора выходит чистая вода.

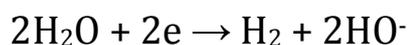
Электрофлотационный метод извлечения ионов металлов из промышленных стоков красильно-отделочных производств.

Большинство используемых методов для обезвреживания сточных вод основано на превращении вредных веществ в безвредные, но не на утилизацию. Метод, применяемый на

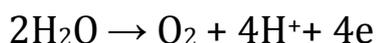
предприятиях в целях очистки сточных и промывных вод, позволяющий эффективно извлекать ионы тяжелых металлов в виде гидроксидов и оксидов, является электрофлотацией с нерастворимыми анодами.

Высокая эффективность электрофлотационного процесса по сравнению с обычными методами флотации объясняется малыми размерами пузырьков, радиус которых составляет 5,30 мкм. Большое значение играет значительный заряд поверхности пузырьков, затрудняющий коагуляцию.

В электрофлотационных установках для проведения процесса флотации используют газообразные продукты — водород и кислород, выделяющиеся на электродах при электролизе обрабатываемой воды. На катоде происходит разряд молекул воды с образованием водорода:



На аноде процесс окисления сопровождается выделением кислорода:



Флотация – процесс, основанный на слиянии отдельных частиц вещества под действием молекулярных сил с пузырьками тонкодиспергированного в воде газа или газов, всплывании образующихся при этом агрегатов и образовании на поверхности флотатора пены.

Флотирuemость частиц зависит от размеров пузырьков газа, которые определяются поверхностным натяжением на границе газ-вода. С понижением поверхностного натяжения эффективность очистки сточных вод флотацией повышается в отличие от отстаивания и фильтрования. При предварительном коагулировании примесей воды эффект флотации повышается.

При флотации в жидкости протекают несколько процессов: растворение воздуха, прикрепление воздушных пузырьков к частицам взвеси и всплывание их на поверхность с образованием пены.

Для успешного протекания процесса необходимо, чтобы твердые частицы и пузырьки воздуха прочно прикреплялись друг к другу. При флотации сточных вод пена должна быть достаточно прочной, что помогает прочней удерживать загрязнения и не допускать обратного попадания их в воду.

Электрофлотация - технология очистки сточных вод основанная на процессе выделения электролитических газов за счет протекания электролиза воды на нерастворимых электродах и флотационном эффекте.

В электрофлотаторе (рис.12) в результате протекания электрохимических реакций происходит флотация дисперсных веществ (гидроксидов и фосфатов тяжелых металлов) и адсорбированных на них частиц органических веществ (ПАВ и нефтепродуктов).

Образующиеся флотокомплексы, транспортируются выделяющимися на электродах газовыми пузырьками размером 10-70 мкм на поверхность сточной воды, где накапливаются в слое флотошлама, который периодически удаляется с поверхности воды при помощи автоматического пеносборного устройства.

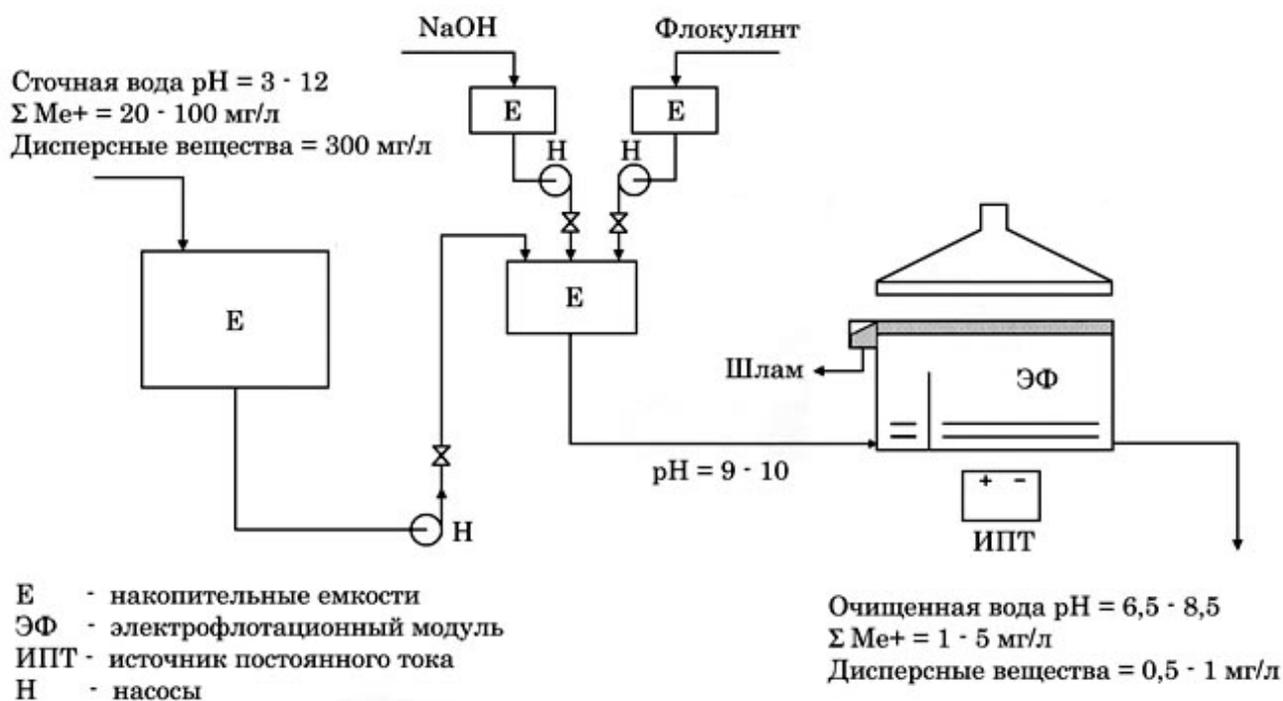


Рис.12. Схема очистки сточных вод с использованием электрофлотатора

Важной стадией электрофлотационного процесса является также адгезия газовых пузырьков частиц загрязнений, которая происходит на молекулярном уровне.

Метод ионного обмена является одним из способов извлечения металлов из промывных вод в локальных циклах, позволяющих создать малоотходное производство. Он основан на обмене между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности ионообменной смолы. Ионный обмен находит широкое

практическое применение в технологиях очистки промывных вод ведущих зарубежных фирм ФРГ, Японии, США.

К достоинствам ионного обмена следует отнести высокую эффективность очистки, высокую концентрирующую способность по металлу (в 1000 - 10000 раз), возможность получения извлеченных металлов в виде однокомпонентных растворов солей, простое аппаратное оформление. Недостатки метода ионного обмена связаны с наличием стадии регенерации ионитов. Использование ионообменной технологии целесообразно при содержании металлов в сточной воде в концентрациях до 1 мг/л. Указанный метод позволяет регенерировать соединения шестивалентного хрома, снизить расходы на очистку воды и переработку осадка.

Ионный обмен представляет собой процесс взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойством обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы, присутствующие в растворе. Вещества, составляющие твердую фазу, носят название - ионитов. Они практически не растворимы в воде. Те из них, которые способны поглощать из растворов электролитов положительные ионы, называются катионитами (проявляют кислотные свойства), отрицательные ионы - анионитами (проявляют основные свойства). Если иониты обменивают и катионы и анионы, их называют амфотерными (проявляют кислотные и основные свойства).

Иониты бывают неорганические (минеральные) и органические. Это могут быть природные вещества или вещества, полученные искусственно.

К неорганическим природным ионитам относятся цеолиты, глинистые минералы, полевые шпаты, различные слюды и др., а к неорганическим синтетическим ионитам - силикагели, пермутиты, труднорастворимые оксиды и гидроксиды некоторых металлов (алюминия, хрома, циркония и др.).

Органические природные иониты - это гуминовые кислоты почв и углей. К органическим искусственным ионитам относятся ионообменные смолы с развитой поверхностью, которые представляют собой высокомолекулярные соединения, углеводородные радикалы которых образуют пространственную сетку с фиксированными на ней активными ионообменными функциональными группами. Пространственная углеводородная

сетка (каркас) называется матрицей, а обменивающиеся ионы - противоионами. Каждый противоион соединён с противоположно заряженными ионами, называемыми фиксированными или анкерными. Полимерные углеводородные цепи, являющиеся основой матрицы, связаны (сшиты) между собой поперечными связями, что придаёт прочность каркасу.

В зависимости от степени диссоциации различают следующие виды ионитов:

- сильнокислотные катиониты, содержащие сульфогруппы  $\text{SO}_3\text{H}$  или фосфорно-кислые  $\text{PO}(\text{OH})_2$  группы, и сильноосновные аниониты, содержащие четвертичные аммониевые основания  $\text{R}_3\text{NOH}$ ;

- слабокислотные катиониты, содержащие карбоксильные  $\text{COOH}$  и фенольные  $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$  группы, диссоциирующие при  $\text{pH} < 7$ , а также слабоосновные первичные  $\text{NH}_2$  и вторичные  $\text{NH}$  аминогруппы, диссоциирующие при  $\text{pH} > 7$ .

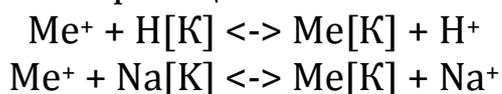
В зависимости от противоиона, которым насыщена ионообменная смола, различают: H-форму, Na-форму, Ca-форму и т.д. для катионитов и соответственно  $\text{OH}$ -форму,  $\text{Cl}$ -форму и т.д. для анионитов.

Основные требования к ионитам, используемым для очистки сточных вод, следующие:

- высокая обменная ёмкость;
- хорошие кинетические свойства (высокая скорость ионного обмена);
- достаточная устойчивость по отношению к кислотам, щелочам, окислителям и восстановителям;
- нерастворимость в воде, органических растворителях и растворах электролитов;
- ограниченная набухаемость.

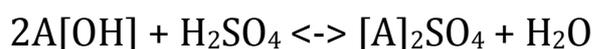
Важнейшим свойством ионитов является их поглотительная способность, которая характеризуется обменной ёмкостью и определяется количеством грамм-эквивалентов ионов, поглощаемых единицей массы или объёма ионита. Различают полную, статическую и динамическую обменные ёмкости. Полная ёмкость - это количество поглощаемого вещества при полном насыщении единицы объёма или массы ионита. Статическая ёмкость - это обменная ёмкость ионита при равновесии в данных рабочих условиях. Статическая обменная ёмкость обычно меньше полной. Динамическая обменная ёмкость - это ёмкость ионита до "проскока" ионов в фильтрат, определяемая в условиях фильтрации. Динамическая ёмкость меньше статической.

Если катиониты находятся в Н-форме или Na-форме, то обмен катионов будет проходить по реакциям:



где [K] - комплекс катионита; Me<sup>+</sup> - катион металла, находящийся в сточной воде.

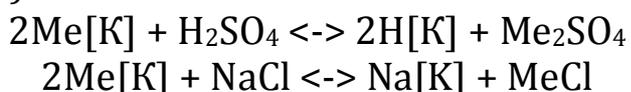
Слабоосновные аниониты обменивают анионы сильных кислот:



где [A] - комплекс анионита.

Характерной особенностью ионитов является их обратимость, т.е. возможность восстановления обменной ёмкости после насыщения, что достигается проведением реакции ионного обмена в обратном направлении. Этот процесс носит название регенерации. Регенерационные растворы называют элюатами. В их состав входят катионы или анионы, извлеченные ионитами из сточных вод.

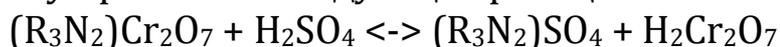
Катиониты обычно регенерируют 2-8% растворами кислот (при переводе их в Н-форму) или раствором хлористого натрия (при переводе в Na-форму):



Отработанные аниониты регенерируют 2-6% растворами щелочи (NaOH, NH<sub>4</sub>OH) или 2-4% раствором Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>:



Полученные элюаты нейтрализуют, обрабатывают специальными реагентами с целью выделения ценных продуктов или непосредственно используют в производстве. Примером последнего может служить способ регенерации сильноосновных анионитов, насыщенных ионами шестивалентного хрома 0,2-5Н, растворами серной кислоты. В кислой среде хром сорбируется на анионите в виде аниона Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup>. При десорбции хрома (VI) серной кислотой по указанному способу протекает следующая реакция:



Как известно, стандартный состав электролитов блестящего хромирования включает 250 г/л CrO<sub>3</sub> и 2,5 г H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Исходя из этого, полученный регенерационный раствор (элюат), содержащий двуххромовую кислоту H<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> (т.е. продукт растворения CrO<sub>3</sub> в воде) и H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, может быть непосредственно

направлен на корректировку ванн хромирования (т.е. создаются условия для создания безотходных гальванических производств).

На степень регенерации влияет тип ионита, состав насыщенного слоя, природа, концентрация и расход регенерирующего вещества, температура, время контакта и расход реагентов.

Восстановление обменной ёмкости при регенерации обычно составляет 60-100%.

Процессы ионообменной очистки сточных вод подразделяют по следующим признакам:

- организации процесса - периодического, непрерывного и полунепрерывного действия;
- гидродинамическому режиму - смешения, вытеснения и промежуточного типа;
- состоянию слоя ионита - с неподвижным, движущимся, пульсирующим, перемешивающим и циркулирующим слоем;
- организации контакта взаимодействующих фаз — с непрерывным и ступенчатым контактом фаз;
- организации взаимного направления движения фаз - на прямоточные, противоточные и со смешанным током;
- конструкции - на колонные и ёмкостные;
- способу подвода энергии - без подвода энергии извне (с гравитационным движением твёрдой фазы) и с подводом энергии извне (принудительное движение твёрдой фазы).

Анализ отечественной и зарубежной литературы показывает, что в процессах ионообменной очистки сточных вод от хрома (VI) широкое применение нашли иониты на основе сополимера с дивинилбензолом, содержащие группы триметиламина. Однако существенным недостатком некоторых ионитов является малая химическая, гидролитическая и термическая устойчивость. Более перспективными сорбентами для целей извлечения хрома из природных и сточных вод, при строго контролируемом составе вод после очистки и повышенной температуре, являются низкоосновные аниониты.

Промышленные фильтровальные установки для очистки сточных вод от тяжелых металлов созданы на основе ионообменных смол с макропористой полистирольной матрицей и иминодиуксусными хелатообразующими группами.

Ионообменные фильтры предназначены для удаления ионов тяжелых металлов из промышленных стоков. Эти ионы могут быть выделены из растворов, содержащих высокие концентрации



гидрометаллургии. Они особенно подходят для случаев с низкой концентрацией металлов. Процесс разделения различных металлов может проводиться в соответствии с приведенным выше рядом селективности. Однако следует иметь в виду, что приведенная последовательность может меняться в зависимости от рН среды и присутствия определенных анионов (включая повышенные концентрации хлоридов и сульфатов). Последовательность селективности ионов, приведенная в данном описании, применима для нейтральных и слабокислых растворов.

## 5.2. Диоксины в текстильной промышленности

Одной из важных экологических проблем, с которой приходится сталкиваться в текстильной промышленности – это проблема, связанная с загрязнением сточных вод. Пожалуй, к наиболее опасным химическим загрязнителям сточных вод в текстильном производстве можно отнести диоксины, присутствие которых, по-видимому, связано с использованием для отбеливания тканей "жавелевой воды" - водных растворов хлорида и гипохлорита натрия:



Диоксины – это глобальные экотоксиканты, обладающие мощным мутагенным, иммунодепрессантным, канцерогенным, тератогенным и эмбриотоксическим действием.

Величина летальной дозы (LD<sub>50</sub>) для этих веществ достигает 10<sup>-6</sup> г на 1 кг живого веса, что существенно выше аналогичной величины для некоторых боевых отравляющих веществ, например, для зомана, зарина и табуна.

Причина исключительной токсичности диоксинов – способность этих веществ удивительно точно вписываться в рецепторы живых организмов и подавлять или изменять их жизненные функции.

В малых дозах диоксины способны видоизменять живое. Возможно развитие психического и полового расстройств, некроза печени. Под действием этих веществ возникают раковые опухоли: диоксины способствуют образованию канцерогенных веществ из их предшественников внутри организма. Они вызывают глубокие нарушения практически во всех обменных процессах, подавляют и ломают работу иммунной системы, приводя к состоянию так называемого "химического СПИД'а".

Аномально высокие токсичные свойства диоксинов связаны со строением этих соединений, с их специфическими химическими и

физическими свойствами: они не разрушаются кислотами и окислителями в отсутствие катализаторов; устойчивы в щелочах, не растворимы в воде; обладают высокой адгезией к любым поверхностям. Кроме того, они способны накапливаться в жировых продуктах и тканях.

Диоксины образуются практически везде, где ионы хлора, брома или их сочетания, взаимодействуют с активным углеродом в кислородной среде, а также при хлорировании воды, содержащей фенол, гуминовые и фульвокислоты, лигнин и другие органические соединения. В процессе производства тканей на стадии отбеливания с использованием хлорсодержащих отбеливателей загрязняется и продукция текстильной промышленности.

Содержание хлорированных органических соединений в сточных водах текстильных предприятий зависит от вида используемых отбеливающих препаратов.

Таблица 7. Содержание хлорированных органических соединений (мг/л) в сточных водах ТП при использовании различных отбеливающих препаратов

Тип ткани	1	2	3	4	5	6	7	8
Суровая	28,6	0,075	8,94	8,4	3,31	0	0	0,05
Расшлихтованная	64,0	0,78	1,32	11,5	5,24	0,74	1,01	0,62
Отваренная	16,6	0,28	7,24	6,23	2,64	0,32	0,34	0,41
Расшлихтованная и отваренная	19,6	0,40	7,14	1,5	2,7	0,34	0,23	0,39

\*Примечание: отбеливающий реагент: 1 - NaOCl; 2,6-8 - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>; 3-5 - NaOCl<sub>2</sub>

Как видно из приведенных данных, беление гипохлоритом натрия дает максимальное содержание галогенированных углеводов. Достаточно высокий уровень содержания этих углеводов наблюдается также и при использовании хлорита натрия. Наличие в гипохлоритном отбеливающем растворе примесей растворенного хлора может приводить к его крайне нежелательным реакциям с различными гербицидами (в т.ч. дефолиантами), остаточное количество которых всегда

присутствует в хлопчатобумажной ткани. Отбелка с применением пероксида водорода не дает такого высокого уровня содержания галогенированных углеводов.

Образование диоксинов в сточных водах текстильных предприятий может происходить за счет конденсации хлорфенолов, например, пентахлорфенола, используемого для десикации хлопчатника.

Другим "поставщиком" фенолсодержащих ароматических структур, которые в ходе химических превращений могут превращаться в диоксиновые соединения, являются природные и сопутствующие вещества хлопка: хлорогеновая кислота, флороглюцин, резорцин, пирокатехин и др. Токсичные органические вещества поступают, в основном, из отбельного, красильного, зрельно-промывного и красковарко-печатного цехов.

Анализ их содержания в сточных водах ХБК проводят одновременно методами газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ) и хромато-масс-спектрометрии (ХМС). Сочетание именно этих аналитических инструментальных методов обычно используется для определения полихлорированных бифенилов (ПХБ), полихлордибензо-диоксинов (ПХДД) и полихлордибензо-фуранов (ПХДФ).

Для ГЖХ-разделения органических соединений был использован газо-жидкостной хроматограф фирмы HEWLETT-PACKARD (USA), модель 5880, с пламенно-ионизационным детектором. Расшифровку соединений, содержащихся в пробе органического слоя, проводили методом ХМС с использованием хромато-масс-спектрометра той же фирмы (модель 5988А с MS-детектором). Поиск и идентификация органических соединений осуществлялась с использованием специализированной компьютерной базы данных NBS-43К. Наши исследования подтвердили, что в сточных водах ХБК содержатся крайне устойчивые диоксиновые структуры.

Очевидна необходимость очистки сточных вод текстильных производств, которая имеет ряд особенностей, обусловленных большим объемом сбрасываемых вод. Так, удельное количество сточных вод, образующихся в процессах красильно-отделочного производства, составляет 200-350 м<sup>3</sup> на 1 т. вырабатываемых тканей.

Одним из решений проблем образования диоксинов может быть внедрение новых бесхлорных дезинфицирующих составов широкого

спектра действия на основе перуксусной кислоты и пероксида водорода, а также новых технологий бесхлорной пероксидной отбели хлопчатобумажных и шерстяных текстильных изделий в кислых, нейтральных и щелочных средах.

Таким образом, ближайшая задача - разработка технологий, предусматривающих использование пероксидных соединений и композиций на их основе.

### **История диоксина**

История "знакомства" человечества с диоксинами восходит к 30-м годам, когда в Аннистоне, штат Алабама, местная химическая компания "Монсанто" (Monsanto) впервые занялась производством полихлорбифенила (ПХБ), которое, как нам теперь известно, неминуемо продуцирует также диоксиноподобные вещества.

Первое случайное открытие, что такие вещества создают серьезный риск для рабочих химической промышленности, было сделано в начале 1930-х годов, когда заболело большинство рабочих компании "Монсанто".

Развитие широкомасштабного производства и применения полихлорфенолов привело к появлению массовых профессиональных заболеваний хлоракне (рецидивирующее воспаление сальных желез), хотя само это заболевание известно с 1899 г.

Хлоракне - опасное системное заболевание, выражающееся в появлении тяжелой формы угрей, уродующих кожу.

История диоксина тесно связана с проблемами выгодной ассимиляции полихлорированных бензолов, являющихся отходами ряда крупнотоннажных химических производств.

В начале 30-х годов фирмой "Дау Кемикал" (США) был разработан способ получения полихлорфенолов из полихлорбензолов щелочным гидролизом при высокой температуре под давлением и показано, что эти препараты, получившие название дауцидов, являются эффективными средствами для консервации древесины

Позже стало известно, что в качестве побочного продукта при этом процессе образовывался 2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-диоксин, причем при повышении температуры до 220 °С (нормальная температура процесса 165-180 °С) скорость побочной реакции резко возрастает, а в более жестких условиях основным продуктом является диоксин. В этом случае процесс

становится неконтролируемым и в производственных условиях завершается взрывом.

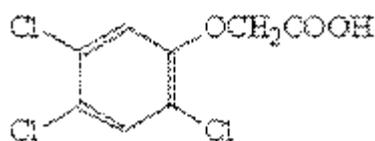
В 1936 г. появились сообщения о массовых заболеваниях среди рабочих шт. Миссисипи, занятых консервацией древесины с помощью этих агентов. Большинство из них страдали тяжелым кожным заболеванием - хлоракне, наблюдавшимся ранее среди рабочих хлорных производств.

В 1937 г. были описаны случаи аналогичных заболеваний среди рабочих завода в Мидланде (штат Мичиган, США), занятых в производстве дауцидов. Расследование причин поражения в этих и многих подобных случаях привело к заключению, что хлоракногенный фактор присутствует только в технических дауцидах, а чистые полихлорфенолы подобным действием не обладают.

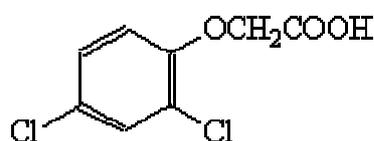
Расширение масштабов поражения полихлорфенолами в дальнейшем было обусловлено их использованием в военных целях.

Во время Второй мировой войны в США были получены первые гербицидные препараты гормоноподобного действия на основе 2,4-дихлор- и 2,4,5-трихлор- феноксисукусных кислот (2,4-Д и 2,4,5-Т). Эти препараты разрабатывались для поражения растительности Японии и были приняты на вооружение армией США вскоре после войны.

Одновременно эти кислоты, их соли и эфиры стали использоваться для химической прополки сорняков в посевах злаковых культур, а смеси эфиров 2,4-Д и 2,4,5-Т - для уничтожения нежелательной древесной и кустарниковой растительности. Это позволило военно-промышленным кругам США создать крупнотоннажные производства 2,4-дихлор-, 2,4,5-трихлорфенолов, а на их основе кислот 2,4-Д и 2,4,5-Т.



2,4,5 -Т



2,4 -Д

Производство и применение 2,4-Д не имели отрицательных последствий для человечества. Напротив, изучение свойств 2,4-Д и ее производных явилось мощным импульсом к становлению современной химии гербицидов. Совсем по-иному развивались

события, связанные с расширением масштабов производства и применения 2,4,5-Т.

География распространения хлоракне значительно расширилась в 40- 50-е годы в связи с созданием во многих странах крупнотоннажных производств 2,4,5-трихлорфенола (ТХФ), а также производств получаемых из него 2,4,5-трихлорфеноксисульфоновой кислоты (2,4,5-Т), антибактериального препарата гексахлорфена (ГХФ) и т.д.

Описаны многочисленные случаи острого отравления персонала этих производств в процессе эксплуатации, в том числе в результате аварий. В последующем было показано, что рецидивы хлоракне у многих пораженных проявлялись даже спустя несколько десятилетий после отравления.

В 1949 г. на заводе в Цитра (шт. Зап. Вирджиния, США), производящем 2,4,5-трихлорфенол, произошел взрыв: 250 человек получили серьезные поражения. Правда, об этом факте стало известно лишь в конце 70-х годов, а что касается последствий взрыва для местного населения и окружающей среды, то они все еще покрыты тайной.

В 50-е годы появились сообщения о частых поражениях техническими 2,4,5-Т и трихлорфенолом на химических заводах в ФРГ и во Франции, причем последствия взрывов в Людвигсхафене (1953 г., завод фирмы БАСФ) и Гренобле (1956 г., завод фирмы "Ром Пуленк") обсуждались широко и детально. Многочисленные случаи поражения рабочих трихлорфенолом в 50-е годы имели место и в США (на заводах фирм "Дау Кеминал", "Монсанто", "Хукер", "Диаманд" и др.).

Впервые опасность диоксинов стала очевидной для широкой общественности недалеко от Сент-Луиса. Это произошло, когда местный делец смешал химические отходы, содержащие диоксины, с техническими маслами и разбрызгал эту смесь на ипподроме, что привело к гибели животных и заболеваниям детей. Именно тогда была продемонстрирована чудовищная опасность диоксинов для живых существ - впервые из-за химического загрязнения был закрыт и эвакуирован целый город.

Таймс Бич. 26 мая 1971 года около 10 кубометров того, что считалось техническим маслом, было разбрызгано по грунту на находившемся неподалеку ипподроме, чтобы пыль не мешала

скачкам. Три дня спустя ипподром был усеян трупами мертвых птиц, а еще через день заболели три лошади и наездник. К июню умерли 29 лошадей, 11 кошек и 4 собаки.

В августе шестилетняя дочь одного из владельцев ипподрома заболела и была доставлена в детскую больницу Сент-Луиса с неясными тяжелыми симптомами почечного заболевания. Заболели еще несколько взрослых и детей. И только в августе 1974 года, после того, как верхний слой земли на глубину 30 см был удален и вывезен, ипподром стал безопасен для людей, домашних животных и птиц. С этого началось десятилетие исследований, споров и домыслов, кульминацией которого стала эвакуация Таймз Бич.

Потребовалось три года работы лабораторий штата и правительства США, чтобы установить причину всех этих заболеваний и смертей. В грунте, взятом на ипподроме, был обнаружен диоксин в концентрации 30-53 части на миллион. В результате стало ясно, что "техническое масло" представляло собой химические отходы завода в Вороне, штат Миссури, где производился трихлорфенол - промежуточный продукт для получения 2,4,5-Т, гербицида "Оранжевый агент".

Оранжевый агент (Agent Orange) - одна из нескольких гербицидных рецептур армии США, использовавшихся во время Вьетнамской войны. Все эти рецептуры (Орандж I, Орандж II, Пурпурная, Розовая, Зеленая, а также Диноксол и Триноксол) представляли собой смеси различных эфиров дихлор- и трихлорфеноксисукусных кислот, которые содержали примесь диоксинов.

По расчету А.В.Фокина и А.Ф.Коломийца (Природа, №3, 1985) только во Вьетнаме было распылено по данным, официально признанным США, 57 тыс. т этих гербицидов, в которых содержалось около 500 кг диоксинов. По другим расчетам "только" 170 кг, но и это очень большая величина и в результате пострадали не только народы и природа Индокитая (распыление проводилось не только во Вьетнаме, но и в Камбодже и Лаосе), но и сами американские солдаты, проводившие эти распыления.

Другим событием оказалась промышленная авария, случившаяся в июле 1976 г. в Севезо (Италия) и завершившая собой большую череду событий подобного рода, происшедших в мире с 1949 г.

В отличие от других аварий на аналогичных производствах эта была осложнена тем, что вовлекла в свою сферу многочисленное

население, не подозревавшее об опасности и не связанное непосредственно с производством. Выбросу сотен тонн 2,4,5-ТХФ, случившемуся на заводе ИКМЕСА в результате аварии, сопутствовал выброс 2,3,7,8-ТХДД и других ксенобиотиков типа ПХДД и ПХДФ.

От заражения ядовитым облаком прилегающих территорий сильно пострадали не менее 500 человек, воздействию диоксина подверглись несколько тысяч жителей близлежащих поселков, погибли тысячи домашних животных.

Считается, что в результате этой аварии было распылено от 2 до 3 кг, а по некоторым оценкам до 5 кг 2,3,7,8-ТХДД. Более точно его количество определить трудно, поскольку аналитические методики 70-х годов не позволяли полностью извлекать диоксин из анализируемых объектов.

Проблема долговременных последствий, связанных с поражением людей и объектов окружающей среды в районе Севезо, явилась предметом подробного изучения в многочисленных публикациях, а также объектом внимания специальных научных конференций.

История овладения научным сообществом знаниями о диоксинах, как экологической опасности общепланетарного масштаба, богата событиями и по-своему драматична.

После первых статей о 2,3,7,8-ТХДД, опубликованных в 1956-1957 гг. и содержащих главным образом медицинскую информацию, за отдельными исключениями, на эту проблему легла многолетняя завеса молчания.

Объясняют этот феномен обычно соображениями секретности, связанными с такими токсикологическими характеристиками веществ этого типа, что их стали называть смертельными молекулами, суперъядами и т.д.

Соответственно, у определенных слоев общества возникал соблазн рассматривать диоксины как прямое средство ведения химической войны. Гербицидная война США во Вьетнаме, невольным участником которой стал высокотоксичный 2,3,7,8-ТХДД, подтверждает не беспочвенность этой мысли.

Однако с конца 60-х годов покров тайны, который окутывал диоксиновую проблему в странах Запада, был в значительной мере сброшен, причем в первую очередь именно в США.

Опасность диоксинов, в том числе опасность длительного заражения ими живой и неживой природы, оказалась объектом внимания исследователей промышленно развитых стран.

Еще задолго до окончания войны во Вьетнаме в научной печати появился ряд острых и доказательных предостережений о диоксиновой опасности. Были опубликованы также многочисленные научные данные, касающиеся большинства важнейших аспектов диоксиновой проблемы. Стало известно, например, о содержании ПХДД в обращающихся на сельскохозяйственном рынке гербицидах и хлорфенолах, а также ПХДФ в коммерческих ПХБ.

Были опубликованы данные о распределении и бионакоплении диоксина в водных экосистемах, об их подвижности и устойчивости в почве, о фоторазложении диоксинов в природных условиях и вообще об их устойчивости при различных воздействиях, об их образовании при пиролизических процессах.

Появились и первые сообщения о взаимоотношении диоксинов с живыми организмами, в том числе с растительными и животными, а также о токсикологии диоксинов и механизме их токсического действия.

В начале 70-х годов достоянием научного сообщества стали первые результаты анализа промышленных аварий на хлорфенольных производствах США, Великобритании, Германии, Чехословакии и Нидерландов с однозначным указанием на их диоксиновую природу. Опубликованы данные изучения заболеваний людей (хлоракне) и домашних животных в связи с их диоксиновым происхождением, а также об опасных для здоровья людей количествах диоксина, найденных в коммерческом ГХФ, применяемом в фармацевтических целях.

Наконец появились многочисленные публикации, характеризующие стандартные химические данные об этих веществах - о методах синтеза диоксиновых ксенобиотиков и о методах определения диоксинов в различного рода объектах. Стали известны физико-химические характеристики 2,3,7,8-ТХДД и октахлордибеизо-п-диоксина (ОХДД), а также данные дифрактометрии и спектроскопии ЯМР  $^{13}\text{C}$ , относящиеся ко многим диоксиновым производным.

Следует еще раз подчеркнуть, что все эти данные были опубликованы в 1968-1974 гг., т.е. задолго до окончания войны во

Вьетнаме (1975 г.), причем часть материалов была обнародована до окончания химического этапа этой войны, завершившегося в 1971 г. В последующие годы поток сообщений по диоксиновой проблематике приобрел лавинообразный характер. Таким он остается до наших дней.

Первый симпозиум по проблеме "Хлордиоксины - их источники и судьба" был организован в США в рамках 162-й ежегодной конференции Американского химического общества, по существу, одновременно с прекращением гербицидной войны США во Вьетнаме (Вашингтон, сентябрь 1971 г.).

Спустя два года в США состоялась специальная научная конференция "Перспективы хлорированных дибензодиоксинов и хлорированных дибензофуранов".

В дальнейшем аналогичные научные конференции, семинары и коллоквиумы проводились неоднократно в ряде других стран: Италии (1976,1985), Швеции (1977), Германии (1987), Дании (1987) и т.д.

Однако особенно интенсивно эта проблема по-прежнему исследовалась в США, где научные конференции по различным аспектам диоксиновой проблемы проходили как в рамках встреч Американского химического общества, так и специально.

Во второй половине 70-х годов стало ясно, что опасность диоксинов как веществ, относящихся к разряду суперэкоотоксикантов, приобрела общепланетарные масштабы. Как следствие в эти годы в химической экологии возник совершенно иной - хемосферный - подход к проблеме. Он рассматривает живые организмы главным образом в аспекте их взаимодействия со всей совокупностью непрерывно влияющих на них химических веществ. В рамках этого подхода оформилась и специальная дисциплина - экотоксикология.

В целом, однако, диоксиновая проблема в силу своей сложности и многообразия сложилась как проблема сугубо междисциплинарная, новые грани которой могут возникать с самой неожиданной стороны.

Одно из проявлений именно этого аспекта диоксиновой проблемы - обнаружение диоксинов (1977-1978 гг.) в выбросах МСП. Это и ряд других обстоятельств подтолкнули западные страны к организации серьезных исследований на международной основе.

Диоксины и диоксиноподобные соединения – высоко-токсичные вещества относительно простого строения,

образующиеся во многих химических процессах. Их история насчитывает менее века, но за это время проделала огромный путь. В ней был период полного незнания и игнорирования проблемы, когда, например, врачи объясняли признаки тяжелой формы хлоракне у одного из рабочих, работавшего на установке по перегонке бифенила, простым нежеланием работать; были многочисленные аварии и борьба с вводимыми экологическими нормами; было засекречивание информации и использование в военных целях.

В настоящее время человечество осознало нависшую угрозу, но, к сожалению, на этом история диоксина не кончается.

Человечество не может отказаться от химической промышленности или от автомобилей, но его долг предельно уменьшить негативное влияние на окружающую среду.

### **5.3.ПАВ в текстиле. Очистка стоков от ПАВ**

Первые ПАВ были получены в 1831 г. действием серной кислоты на оливковое и миндальное масло. За это время синтез новых и создание технологий их получения прошли и продолжают переживать необыкновенно бурный период развития. А сначала люди все мыли обычной водой. Иногда использовали масла и абразивы (влажный песок, влажная глина). Самое старое известное моющее средство для мытья шерсти - несвежая (гниющая) моча. Мыло появилось ещё в древности как результат варения животного жира с водой и древесной золой. На смену мылу пришли поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Моющие эффекты определенных синтетических ПАВ были отмечены в 1913 г. бельгийским химиком А. Рейхлером.

Первым коммерчески доступным детергентом (вещество или смесь, помогающее отмывать что-либо от грязи, моющее средство) была смесь Nekal, продававшаяся в Германии в 1917 году, чтобы облегчить нехватку мыла в Первой мировой войне. Синтетические моющие средства (СМС) главным образом использовались в промышленности до Второй мировой войны.

В конце 1960-х биологические моющие средства, содержащие ферменты, расщепляющие белки, появились в США.

В последние столетия человек активно вторгся в живой мир Земли. В результате этого возникли острые проблемы. Загрязнители, попадая в почву и водоемы, оказывают токсическое воздействие на животных и растения.

Серьезным источником веществ-загрязнителей природы и вредного воздействия на человека являются отделочные производства текстильной промышленности.

Опасными загрязняющими веществами для природной среды являются ПАВ, которые используются практически во всех отраслях народного хозяйства и в быту. ПАВ прочно вошли в нашу повседневную жизнь.

Существует огромное разнообразие ПАВ, которые в зависимости от своих физико-химических показателей используются в производстве бытовой химии (моющие и чистящие средства, косметика), в промышленности и сельском хозяйстве. Попадая со сточными водами в окружающую среду, они неблагоприятно воздействуют на живые организмы, в том числе и на представителей водных экосистем.

**Биологическое разложение ПАВ.** Общее количество (95-98%) применяемых в нашей стране СМС, вырабатываемых промышленностью, составляют анионные и неионогенные ПАВ и моющие средства на их основе, которые, как правило, характеризуются низкой биологической разлагаемостью и в силу своей химической природы оказывают существенное отрицательное воздействие на водные объекты.

ПАВ могут быстро разрушаться в окружающей среде или, наоборот, не разрушаться, а накапливаться в организмах в недопустимых концентрациях. Поэтому сегодня, в связи с непрерывно возрастающим производством и потреблением ПАВ, одним из основных требований к применению моющих и чистящих средств является экологическая безопасность. ПАВ должны обладать наиболее быстрым и полным биологическим разложением.

Под биоразложением понимается биохимическая разлагаемость использованных ПАВ под действием ферментов, производимых бактериями и другими микроорганизмами. Конечными продуктами биоразложения ПАВ являются вода и диоксид углерода. Чем выше уровень биоразложения ПАВ, тем он безопаснее для окружающей среды.

Большинство ПАВ, которые использовались для создания моющих и чистящих средств в прошлом, трудно или практически не поддавались биологическому разложению.

Накапливаясь с годами в водоемах, почве, они создавали угрозу не только водным обитателям и растениям, но также и человеку, так как загрязняли питьевую воду и поступали в

организм вместе с пищей. Также ПАВ являлись причиной усиленного пенообразования в канализационных трубах, реках, озерах, куда попадают промышленные и бытовые стоки.

Токсичность ПАВ в водной среде в значительной степени уменьшается за счёт их способности к биodeградации. ПАВ, в той или иной степени, поглощаются всей флорой и фауной водных объектов.

Биоразложение ПАВ очень сильно зависит от структуры молекул: разветвленные молекулы плохо поддаются разложению, по сравнению с линейными молекулами.

В настоящее время приняты законы, разрешающие производство и применение ПАВ, биоразлагаемость которых не менее 80%. Хорошей биоразлагаемостью (на 80-98%) обладают некоторые из анионоактивных ПАВ (алкилсульфонаты). Но наиболее полной биоразлагаемостью (100%) обладают неионогенные ПАВ.

**Негативное влияние ПАВ на окружающую среду.** Значительную часть антропогенной нагрузки, приходящейся на поверхностные водные объекты, составляют сточные воды, содержащие ПАВ, которые входят в состав всех хозяйственно-бытовых и большинства промышленных сточных вод.

Один из основных негативных эффектов ПАВ в окружающей среде — понижение поверхностного натяжения. Например, в океане изменение поверхностного натяжения приводит к снижению показателя удерживания диоксида углерода ( $\text{CO}_2$ ) в массе воды.

По некоторым данным ПАВ, адсорбировавшись на поверхности воды в водоемах, повышает поглощение волн радиолокационного сигнала. Другими словами, радары и спутники хуже улавливают сигнал от объектов, находящихся под водой в водоемах с определенной концентрацией ПАВ.

Большинство ПАВ обладают чрезвычайно широким диапазоном отрицательного влияния на качество вод. Прежде всего, они придают воде стойкие специфические запахи и привкусы, а некоторые из них могут стабилизировать неприятные запахи, обусловленные другими соединениями. Так, содержание в воде ПАВ в количестве 0,4-3,0 мг/дм<sup>3</sup> придаёт ей горький привкус, а 0,2-2,0 мг/дм<sup>3</sup> - мыльно керосиновый запах.

Одним из основных физико-химических свойств ПАВ является высокая пенообразующая способность, причём в сравнительно низких концентрациях (порядка 0,1-0,5 мг/дм<sup>3</sup>). Возникновение на поверхности воды слоя пены затрудняет теплообмен водоёма с

атмосферой, снижает поступление кислорода из воздуха в воду (на 15-20%), замедляя осаждение и разложение взвесей, процессы минерализации органических веществ, и тем самым ухудшает процессы самоочищения.

Некоторые нерастворимые ПАВ при попадании на поверхность воды образуют нерастворимые пленки, распространяющиеся при достаточной площади растекания в монослой.

Попадая в водоёмы, ПАВ активно участвуют в процессах перераспределения и трансформации других загрязняющих веществ (хлорофос, анилин, цинк, железо, бутилакрилат, канцерогенные вещества, пестициды, нефтепродукты, тяжёлые металлы и др.), активизируя их токсическое действие. С ПАВ связано 6-30% меди, 3-12% свинца и 4-50% ртути в коллоидной и растворённой форме. Незначительной концентрации ПАВ (0,05-0,10 мг/дм<sup>3</sup>) в воде достаточно, чтобы активизировать токсичные вещества.

Кроме того, ПАВ несколько тормозят распад канцерогенных веществ, угнетают процессы биохимического потребления кислорода, аммонификации и нитрификации. При небольшом содержании ПАВ в воде часто наблюдается коагуляция (слипание) и седиментация примесей (оседание), обусловленная уменьшением или даже снятием электрокинетического потенциала частиц вследствие сорбции противоположно заряженных органических ионов ПАВ. При гидролизе ПАВ в водной среде образуется комплекс фосфатов, что приводит к евтрофированию (повышению биологической продуктивности водных объектов в результате накопления в воде биогенных элементов) водоёмов. СМС в среднем поставляют в природные воды 20-40% общего фосфора.

ПАВ также могут способствовать и повышению эпидемиологической опасности воды, а также способствуют химическому загрязнению воды веществами высокой биологической активности.

Большинство ПАВ и продукты их распада токсичны для различных групп гидробионтов: микроорганизмов (0,8-4,0 мг/дм<sup>3</sup>), водорослей (0,5-6,0 мг/дм<sup>3</sup>), беспозвоночных (0,01-0,9 мг/дм<sup>3</sup>) даже в малых концентрациях, особенно при хроническом воздействии.

Среди основных причин загрязнения водоёмов этими веществами также часто отмечают способность ПАВ, выбрасываемых выпускающими их предприятиями в воздух в значительных количествах, проникать с атмосферными осадками в открытые водоёмы и просачиваться в подземные ближние слои грунтовых вод.

В грунтовые воды ПАВ попадают также при очистке сточных вод на полях фильтрации и при этом, как правило, увлекают за собой и другие загрязнения. Из подземных вод ПАВ практически беспрепятственно проходят в поверхностные водоисточники, а через очистные сооружения - в питьевую воду.

Кроме того, попадая в природные воды, ПАВ сорбируются содержащимися в них частицами минерального и органического происхождения, оседают на дно водоёмов и тем самым создают очаги вторичного загрязнения.

Одна из отличительных особенностей воздействия ПАВ на окружающую среду состоит в том, что они способны усиливать воздействия других загрязняющих веществ. Данный отрицательный эффект получается за счет улучшения инфильтрации (проникновения) загрязняющих веществ из почвы в водоёмы, в которых содержатся избыточные концентрации ПАВ.

Также ПАВ способны смывать с поверхности закрепившиеся загрязнители и разрушать баланс загрязняющих веществ в окружающей среде, тормозя процесс их естественной переработки.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) ПАВ в воде водоёмов составляет 0,5 мг/дм<sup>3</sup>.

**Действие ПАВ на организм человека.** Только немногие ПАВ считаются безопасными (алкилполиглюкозиды), так как продуктами их деградации являются углеводы. Однако адсорбировавшись на поверхности частичек земли (песка) степень (скорость) деградации ПАВ снижается в разы. Так как почти все ПАВ, используемые в промышленности и домашнем хозяйстве, имеют положительную адсорбцию на частичках земли, песка, глины, при нормальных условиях они могут высвободить (десорбировать) ионы тяжелых металлов, удерживаемые этими частичками, и тем самым повышать риск попадания этих веществ в организм человека.

ПАВ способны накапливаться в организме человека и вызывать необратимые патологические изменения. Особенно канцерогенны чистящие химические средства и стиральные порошки, а точнее – их основные действующие компоненты: ПАВ.

Особенно опасны для здоровья человека анионные ПАВ (А-ПАВ), которые вызывают нарушения иммунитета, аллергию, поражение мозга, печени, почек, легких. Самое неприятное, что ПАВ способны накапливаться в органах и действуют как яды: в печени повреждают функцию клеток, что приводит к увеличению холестерина, в легких вызывают гиперемиию. Они же повышают вероятность развития атеросклероза в сосудах сердца и мозга, нарушают передачу нервных импульсов в центральной и периферической нервных системах.

Действие ПАВ на кожу зависит от заряда молекул. Катионные ПАВ вызывают раздражения на коже, но проявляют большую токсичность, чем анионные. Токсическое действие неионогенных ПАВ считается незначительным. Анионные ПАВ являются самой частой причиной контактного дерматита. ПАВ временно иссушает кожу и приводит к снижению защитных функций.

**Влияние структуры ПАВ на экологическую безопасность.** Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – это химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела фаз - вода-воздух, вызывают снижение поверхностного натяжения. По своему химическому строению ПАВ — органические соединения, имеющие дифильное строение, то есть их молекулы имеют в своём составе полярную часть, гидрофильный компонент (функциональные группы -ОН, -СООН, -О- и т. п.) и неполярную (углеводородную) часть, гидрофобный компонент.

В водном растворе происходит самоорганизация молекул ПАВ в особые структуры-ассоциаты, названные мицеллами. Отличительным признаком мицеллообразования служит помутнение раствора ПАВ. Водные растворы ПАВ при мицеллообразовании также приобретают голубоватый оттенок (студенистый оттенок) за счет преломления света мицеллами.

По достижению предела растворимости ПАВ образуют конгломераты, или мицеллы - своеобразное скопление молекул, которые имеют шарообразную или пластинчатую структуру (рис.13).

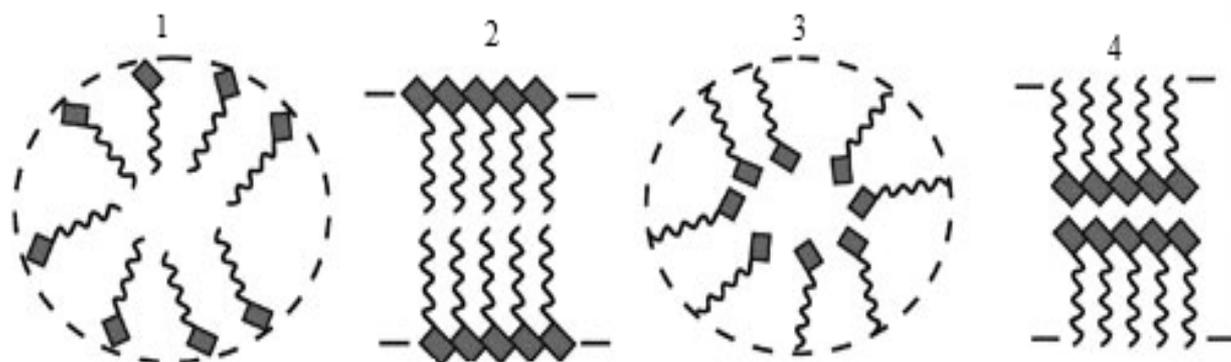


Рис.13. Мицеллярные структуры молекул ПАВ:

1, 3 - шарообразные мицеллы; 2,4 - пластинчатые мицеллы

Многими исследователями отмечается зависимость степени и характера влияния ПАВ на водные организмы от химической структуры веществ.

Наиболее сильное отрицательное влияние оказывают алкиларилсульфонаты, т.е. вещества, имеющие в своей молекуле бензольное кольцо, и некоторые неионогенные вещества.

Менее всего токсичны ПАВ на основе полимеров, несколько токсичнее алкилсульфаты и алкилсульфонаты. Соединения, имеющие прямую боковую цепь, более токсичны, чем вещества с сильно разветвлённой углеродной цепью.

Большая трудность очистки воды от ПАВ состоит в том, что различные ПАВ в водоёмах чаще всего встречаются в виде смеси отдельных гомологов и изомеров, каждый из которых проявляет индивидуальные свойства при взаимодействии с водой и донными отложениями, различен и механизм их биохимического разложения. Исследования свойств смесей ПАВ показали, что в концентрациях, близких к пороговым, эти вещества обладают эффектом суммирования их вредных воздействий.

Большинство из вновь синтезированных ПАВ, поступающих в водоёмы и водотоки со сточными водами, способны накапливаться в них на протяжении длительного времени, особенно если состоят из смеси изомеров с различной скоростью расщепления. Исходя из этого, нормирование присутствия в водоёмах смеси ПАВ должно производиться по правилам, рекомендованным для смесей химических веществ.

**Методы очистки водных экосистем от ПАВ.** Химическими предприятиями ежегодно выбрасывается в водоемы более 100 000 тонн ПАВ. Поэтому необходимость очистки сточных вод от ПАВ очевидна. Санитарный режим водоема характеризуется, прежде

всего, количеством растворенного в нем кислорода. Его должно быть не менее 4 мг на 1 л воды в любой период года для водоемов.

Скорость самоочищения водоёма и разложения ПАВ зависит от факторов, определяющих их микробиологическую активность:

- температуры,
- доступа кислорода (в воде, обедненной кислородом, разложение углеродсодержащих соединений замедляется),
- питательного режима водной среды.

Ассортимент ПАВ чрезвычайно велик. Области применения ПАВ включают:

- моющие средства (активный компонент моющих средств);
- косметика (10% в составе шампуней, гелей, тоников и др.);
- текстильная промышленность;
- кожевенная промышленность (защита кожаных изделий от легких повреждений и слипания);
- лакокрасочная промышленность (снижение поверхностного натяжения);
- бумажная промышленность (для разделения чернил и варёной целлюлозы при переработке использованной бумаги);
- металлургия (эмульсии для смазки прокатных станов, снижения трения);
- защита растений (в агрономии и сельском хозяйстве для образования эмульсий, для повышения эффективности транспортировки питательных компонентов в растения через мембранные стенки);
- пищевая промышленность (в мороженом, шоколаде, взбитых сливках и соусах для салатов и других блюд);
- нефтедобыча (для гидрофобизации призабойной зоны пласта с целью увеличения нефтеотдачи).

Для эффективной очистки сточных вод от ПАВ применяют многие методы:

- химические;
- физические;
- биологическое окисление;
- сорбцию;
- пенное фракционирование;
- коагуляцию;
- выпаривание;

- ультрафильтрацию;
- озонирование и др.

Выбор метода очистки от того или иного вида ПАВ зависит от концентрации ПАВ в сточных водах, химической природы ПАВ, от наличия в водных стоках органических и неорганических примесей, стоимости и необходимой степени очистки. Для очистки сточных вод до норм ПДК обычно используется комплекс методов, конечной стадией которого является биологическая очистка.

К химическим методам очистки сточных вод от ПАВ относят нейтрализацию, окисление и восстановление. Их применяют для удаления растворенных веществ, а также в замкнутых системах водоснабжения. После механической и физико-химической очистки сточные воды направляются на биологическую очистку, которая заключается в окислении органических загрязнений микроорганизмами.

**Биологическое окисление ПАВ.** Биологическое окисление ПАВ проводят как в естественных условиях на полях фильтрации, орошения и в биологических прудах, так и в искусственно созданных условиях на биофильтрах и в аэротенках. Поля фильтрации, орошения и биофильтры функционируют за счет почвенных биоценозов, биологические пруды и аэротенки — за счет биоценозов этих водоемов.

Биоценоз состоит из множества различных бактерий, простейших и более высокоорганизованных организмов — водорослей, фитопланктона, зоопланктона и т.д., связанных между собой в единый комплекс (рис.14).

При этом для биодegradации ПАВ используют капельные и высоконагруженные биофильтры. В качестве фильтрующего материала используют шлак, гранитный щебень, кокс, известняк, антрацит и другие водостойчивые материалы.

Очищенную в биофильтре воду хлорируют, и она поступает во вторичный отстойник. После этого очищенную воду спускают в водоем. Для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов биологические фильтры вводят в эксплуатацию при температуре около 20°C.

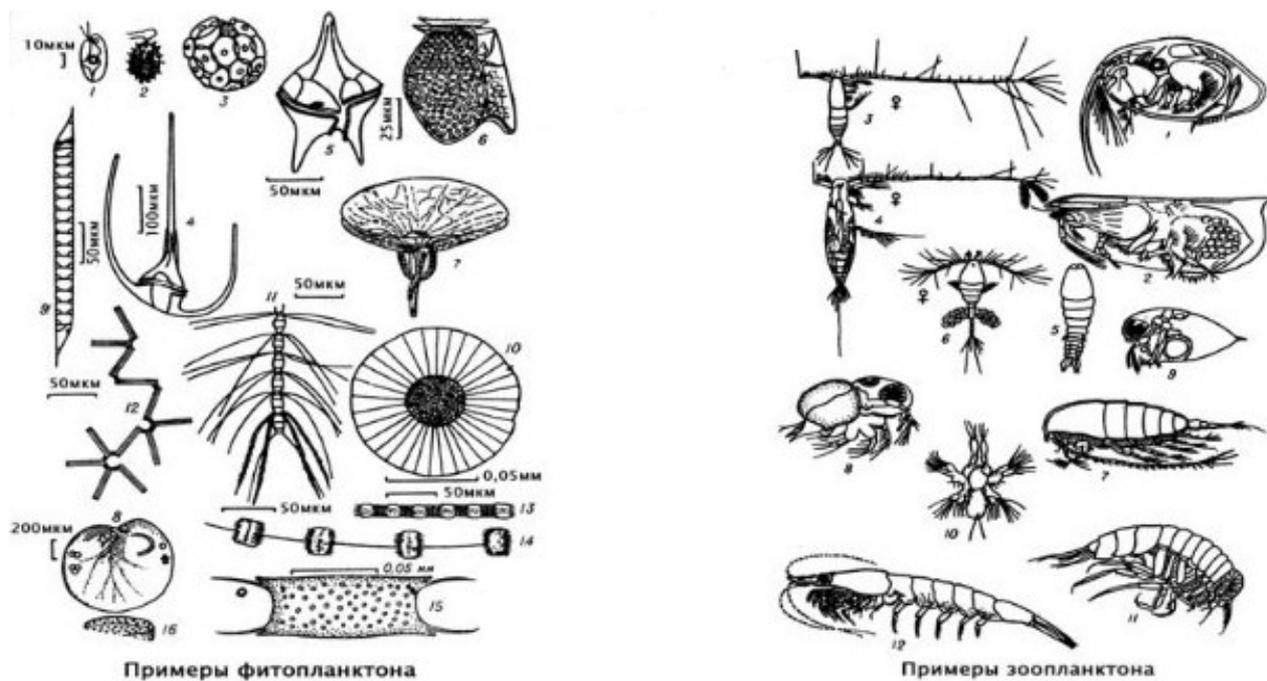


Рис.14. Примеры фитопланктона и зоопланктона

Интенсификация процессов самоочищения вод от различных видов загрязнений и ПАВ с помощью высшей водной растительности (ВВР) в симбиозе с другими звеньями экосистемы в большинстве случаев является экономичным и эффективным методом.

Выделяя органический кислород и аэрируя воду, ВВР способствует окислению органических загрязнений бактериями, одновременно используя полученные продукты распада для своей жизнедеятельности. В некоторых случаях степень удаления органических примесей с помощью макрофитов выше, чем при использовании промышленных методов очистки воды в аэротенках.

Поэтапная деструкция высокомолекулярных органических соединений, к которым относятся ПАВ, осуществляется многочисленными группами микроорганизмов. Характер образующихся продуктов разложения зависит от структуры микробного сообщества, ферментативной активности его членов, а также от условий окружающей среды. Ведущими абиотическими факторами, регулирующими направление микробиологических процессов, являются температура и содержание растворённого в воде кислорода.

Быстро окисляются те органические соединения, продукты разрушения которых соответствуют общей схеме метаболизма, но если по структурным причинам происходит отклонение от общей схемы, то окисление протекает очень долго.

В том случае, когда гидроксильная группа вещества не может окисляться без разрыва молекулы, окисление совершается крайне медленно, поскольку разрыв молекулы для бактериального метаболизма явление не совсем обычное. Так, незначительное биохимическое окисление большинства ПАВ, выпускаемых промышленностью, является одной из основных причин нарушения самоочищения водоёмов.

Однако биологическая очистка сточных вод от органических загрязнений не обеспечивает необходимый эффект очистки, вследствие чего стоки нуждаются в физико-химической очистке, после которой они частично могут использоваться на производстве либо направляться на биологическую очистку совместно с городскими сточными водами.

В связи с несовершенством методов очистки от ПАВ сточных вод сосредоточенных выпусков и невозможности очистки от них рассредоточенного стока, возникает необходимость в разработке технологий защиты водных объектов от загрязнения указанными веществами, основанных на интенсификации внутриводоёмных процессов.

Таким требованиям соответствуют биоинженерные системы (БИС), сущность которых заключается в использовании приемов повышения ассимилирующей способности водных экосистем путем увеличения в их структуре звена фитоценоза.

В биофильтрах сточные воды пропускаются через слой крупнозернистого материала, покрытого тонкой бактериальной пленкой. Благодаря этой пленке интенсивно протекают процессы биологического окисления. Именно она служит действующим началом в биофильтрах.

В биологических прудах в очистке сточных вод принимают участие все организмы, населяющие водоем.

**Микробиологический препарат Микрозим.** В последнее время разработан специальный микробиологический препарат Микрозим, который содержит комплекс (6-12) видов живых микроорганизмов, основным источником энергии жизнедеятельности которых являются различные фракции животных жиров и растительных масел.

Попадая в загрязненную ПАВ водную среду, микроорганизмы в течение 12-24 часов начинают активно размножаться, эффективно используя жиры в качестве источника энергии необходимой для увеличения своей численности и создания новых колоний.

Препарат является высокоэффективным комплексным биологическим деструктором углеводородсодержащих органических соединений, представляющим собой концентрированный биопрепарат уникальных видов бактерий, натуральных микробных ферментов, комплекса минеральных солей и нутриентов.

Микроорганизмы биопрепарата активно синтезируют собственные ферменты и био-ПАВ, происходит комплексная биохимическая редукция углеводородов ПАВ на  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  и безвредные для окружающей среды продукты микробного метаболизма.

Обработка биопрепаратом загрязненной ПАВ почвы или воды, приводит к снижению концентраций на 97-99%, нормализации кислородного режима, полному восстановлению самоочистительных и самовосстановительных функций почвы и воды.

Однако существующие разработки касаются снижения биогенной нагрузки на водные объекты, защиты от металлов, легкоокисляемых органических веществ и не решают вопроса полной очистки от трудноокисляемых ПАВ.

#### **Физико-химические способы очистки сточных вод от ПАВ.**

Практика очистки сточных вод от ПАВ и сопутствующих примесей показывает, что наиболее рациональным является комбинирование физико-химических методов для обеспечения требуемой глубины очистки и её эффективности.

Для удаления небольших количеств ПАВ из сточных вод (не более 100-200 мг/л) применяется, прежде всего, адсорбционная очистка на активированных углях и других сорбентах. Получить воду требуемого качества и повторно использовать ПАВ после регенерации позволяет применение ионообменных смол.

Известны также и другие способы для очистки промышленных сточных вод от ПАВ, основанные на адсорбционных технологиях с использованием природных и синтетических адсорбентов, а также адсорбентов, полученных переработкой отходов различных отраслей промышленности.

Известны способы очистки ПАВ-содержащих сточных вод, основанные на совместном использовании активных углей с термообработанным шунгитом, активированным оксидом алюминия, либо совместно с дополнительным предфильтрующим слоем волокнистого материала, в качестве которого может выступать, например, слой гидротермически обработанного полиакрилонитрильного волокна. В общем случае композиции порошкообразных материалов позволяют сочетать преимущества и уменьшать недостатки отдельных компонентов.

Существует способ очистки сточных вод, основанный на использовании фильтрующего материала из четырех слоев базальтового волокна. Первый и второй слой состоят из вязально-прошивного материала, из штапелированных базальтовых тонких и супертонких волокон. Третий слой состоит из иглопробивного базальтового материала, а четвертый - из базальтовой жгутовой ткани. Третий и четвертый слои выполняют функцию каркаса, обеспечивающего механическую прочность фильтрующего материала.

Использование тонковолокнистого базальтового волокна в качестве фильтрующего материала оправдано его хорошей сорбционной способностью к ПАВ, высокой коррозионной и химической устойчивостью, позволяющей многократно проводить гидротермическую и химическую регенерацию фильтров без заметной потери эффективности.

Хотя применение этих сорбентов для очистки сточных вод от ПАВ обеспечивает практически полное удаление их из воды, использование активных углей ограничивается тем, что они характеризуются относительно низкой (всего 2%) сорбционной емкостью по ПАВ и красителям вследствие того, что большая часть их пористости образована недоступными для мицелл этих загрязнений микропорами. Поэтому в системе адсорбционной очистки сточных вод от ПАВ и красителей в качестве предварительной стадии очистки целесообразно использовать коагуляцию. В качестве коагулянта используются соли железа или алюминия.

Другой метод очистки воды от ПАВ - метод пенного сепарирования и флотации. Сущность его заключается в адсорбции ПАВ на границе раздела фаз сточная вода — воздух при непрерывном снятии поверхностного слоя. Для этой цели через сточную воду барботируют воздух, что создает стабильную пену, состоящую из

пузырьков газа различного размера. Процесс разрушения пенного слоя происходит медленно.

Для ускорения разрушения пены используют пеногасители, в качестве которых применяются кремний- и германийорганические соединения. Однако использование их приводит к дополнительному загрязнению пеноконденсата. Поэтому чаще применяют термические, электрические и механические способы гашения пены (8).

**Флотация.** Другим эффективным методом для удаления из сточных вод ПАВ является флотация. Достоинством флотации является непрерывность процесса, широкий диапазон применения, небольшие капитальные и эксплуатационные затраты, простота аппаратуры, селективность выделения примесей по сравнению с отстаиванием, большая скорость процесса, высокая степень очистки (95-98%), возможность рекуперации удаляемых веществ.

Флотация сопровождается аэрацией сточных вод, снижением концентрации ПАВ, легкоокисляемых веществ, бактерий и микроорганизмов. Все это способствует успешному проведению последующих стадий очистки сточных вод.

Для проведения очистки используются различные флотационные установки (рис.15).

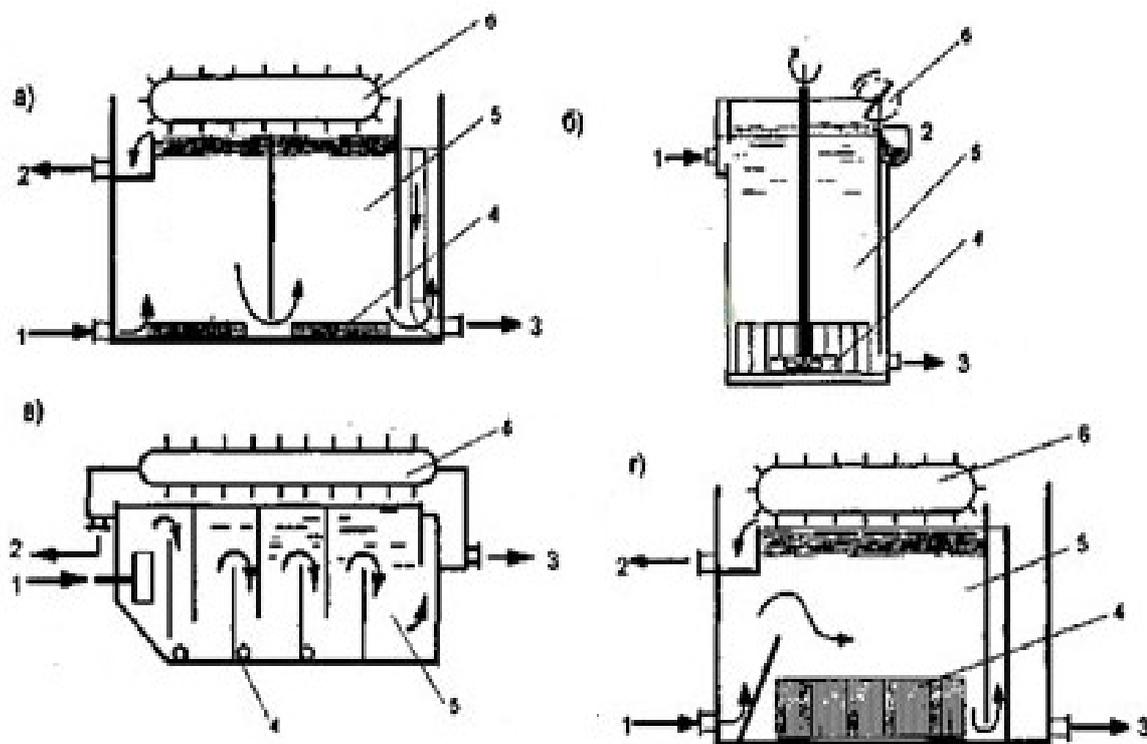


Рис.15. Флотационные установки

Процесс, на котором основана флотация, состоит в том, что при сближении поднимающегося в воде пузырька воздуха с твердой гидрофобной частицей разделяющая их прослойка воды при некоторой критической толщине прорывается и происходит слипание пузырька с частицей. Затем комплекс “пузырек-частица” поднимается на поверхность воды, где пузырьки собираются, и возникает пенный слой с более высокой концентрацией частиц, чем в исходной сточной воде. Эффект разделения флотацией зависит от размера и количества пузырьков. На величину смачиваемости поверхности взвешенных частиц влияют адсорбционные явления и присутствие в воде примесей ПАВ, электролитов и др.

Сейчас наиболее распространены напорные установки (рис.16), где насыщение воды воздухом производится под большим давлением для достижения глубины процесса и получения пузырьков воздуха соответствующего диаметра. Эти установки просты и надежны в эксплуатации. Напорная флотация позволяет очищать сточные воды с концентрацией взвеси до 4-5 г/л. Для увеличения степени очистки в воду добавляют коагулянты – соли железа и алюминия.



Рис.16. Установка напорной флотации СЕЙМ-1/2.20М

Процесс напорной флотации осуществляется в две стадии: насыщение воды воздухом под давлением и выделение растворенного газа под атмосферным давлением. Напорные флотационные установки имеют производительность от 5 до 2000 м<sup>3</sup>/ч.

Для очистки сточных вод от синтетических ПАВ также используются установки пенной флотации. Отличие данного типа флотации от напорной заключается в том, что загрязняющие частицы выносятся не с пузырьками воздуха, а с пеной.

Такие установки получили название - барботажных. Для барботажа применяют мелкопористые аэраторы - фильтросные пластины или трубы - с подачей сжатого воздуха от воздухопроводов. Наряду с извлечением из биологически очищенных сточных вод ПАВ, установки пенной флотации обеспечивают также снижение концентраций взвешенных примесей и остаточных органических соединений. Содержание ПАВ уменьшается с 2-8 мг/л в исходной воде до 0,5-1,5 мг/л в очищенной воде, взвешенных веществ - на 45-50%, БПК - на 50-60%, ХПК - на 55-65%.

Для повышения эффективности флотационной очистки применяют коагулянты в виде растворов сернокислого алюминия, сернокислого и хлорного железа, образующих в щелочной среде нерастворимые гели гидроксидов металлов; остаточное содержание ПАВ в сточных водах после механической или физико-химической очистки составляет 10-20 мг/л, поэтому дальнейшую очистку проводят химическим или биохимическими методами.

Разновидностью флотации являются электрофлотационный и электрокоагуляционный методы очистки воды.

Очистка водных стоков методом электрофлотации позволяет удалять из воды примеси, находящиеся в эмульгированном и суспендированном виде, взвешенные вещества и коллоидные частицы, а фильтрование на активном угле – примеси, находящиеся в растворенном виде, например, органический углерод, тяжелые металлы, а также позволяет снизить цветность обрабатываемых сточных вод.

Электрофлотатор-фильтр (рис.17) состоит из прямоугольного корпуса 1, выполненного из пропилена, блока нерастворимых электродов 12, пеносборного устройства 6 и угольного фильтра 11. Загрязненная моющая жидкость через патрубок 2 поступает в камеру грубой очистки стоков. В ней происходит выделение ПАВ и наиболее крупных частиц загрязнений.

Далее вода через вертикальную перегородку 7

переливается в камеру тонкой очистки для отделения мельчайших взвесей. Всплывшая пена вместе с загрязнениями сдвигается с поверхности жидкости пеносборным устройством со скребковым механизмом 6 в приемник пены 5, а вода через отверстия в нижней части перегородки 8 – на угольный фильтр. Отвод пены из установки осуществляется через патрубок 4, а очищенной воды через патрубок 10.

Интенсификация процесса очистки стоков может осуществляться путем дополнительного применения коагулянтов. В этом случае ввод рабочего раствора осуществляется через патрубок 3.

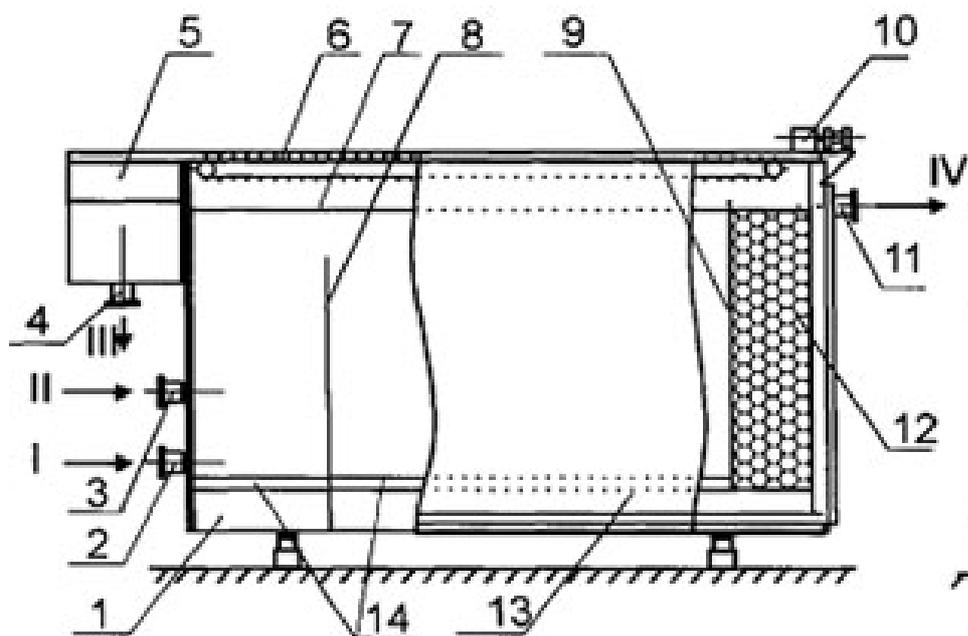


Рис.17. Электрофлотатор-фильтр:

1 – камера флокуляции; 2 – патрубки для подачи исходной воды; 3 – патрубки для подачи растворов реагентов; 4 – патрубки для отвода флотошлама; 5 – камера для сбора пены; 6 – пеносборное устройство; 7, 8, 9 – перегородки; 10 – мотор-редуктор; 11 – патрубки для отвода очищенной воды; 12 – камера сорбции; 13 – камера флотации; 14 – электроды

Оптимальными параметрами процесса электрофлотосорбционной очистки стоков в установке производительностью 10 м<sup>3</sup>/ч являются: плотность тока 0,5–1,5 А/дм<sup>2</sup>, продолжительность процесса 20–25 мин. Эффекты очистки стоков составляют: по ПАВ – 98%, по химическому потреблению кислорода – 95%, взвешенным веществам – 99,9%, обесцвечиванию – 90%.

Процесс очистки стоков полностью автоматизирован. Система автоматизации предусматривает автоматическое измерение, регулирование и сигнализацию основных параметров технологического процесса: величины рН, расхода и уровней жидкости, степени очистки стоков, значений тока и напряжения.

Для очистки сточных вод, содержащих смеси ПАВ суммарной концентрации 100–150 мг/л, а также взвешенные вещества и коллоидные примеси, наиболее эффективным оказывается сочетание процессов электрофлотации, коагуляции и адсорбции.

При электрокоагуляционной очистке сточных вод от ПАВ проводят электролиз с использованием стальных и алюминиевых анодов. Под действием тока происходит растворение металла, в результате чего в воду переходят катионы железа и алюминия, которые, гидролизуясь, образуют гидроксиды металлов в виде хлопьев. Наступает коагуляция и происходит очистка воды.

Известны и другие способы для очистки промышленных сточных вод от ПАВ, основанные на адсорбционных технологиях с использованием природных и синтетических адсорбентов, а также адсорбентов, полученных переработкой отходов различных отраслей промышленности.

Однако указанные способы и устройства либо громоздки и многостадийны, либо не обеспечивают достаточной степени очистки и быстро теряют срок эксплуатации. Кроме того, они, как правило, не обеспечивают комплексной очистки загрязненной воды от ПАВ, металлов и других вредных веществ.

ПАВ-озонная технология. Но технологии по очистке сточных вод, используемые за рубежом, в наших условиях не всегда приемлемы (в первую очередь, из-за высокой стоимости проводимых работ). Например, совсем недавно на отечественном рынке появилась отечественная ПАВ-озонная технология - технология очистки сильно - и среднезагрязненных вод, сочетающая одновременно три процесса: окисление, коагулирование и флотацию.

Особенностью ПАВ-озонной технологии является то, что коагулянты, флокулянты и флотореагенты не вносятся в очищаемую воду в виде химреактивов, а образуются в результате химического взаимодействия озона с имеющимися в воде органическими загрязнениями. Одновременно осуществляются

обеззараживание, дезодорация, обесцвечивание за счет окислительного действия озона.

В данной технологической схеме как первичная, так и вторичная ПАВ-озонная обработка осуществляются небольшими дозами озона (не более  $10 \text{ г/м}^3$ ) и за небольшое время (10 мин).

Обработка в биореакторе с насадкой конструкции НПО "Экология-М" длится не более 1-1,5 часов, причем насадка находится в затопленном состоянии, что позволяет за столь короткое время достигать значительной степени минерализации загрязнений и нитрификации.

Все сооружения весьма компактны и располагаются, как правило, в одном помещении, что значительно облегчает эксплуатацию, особенно в зимнее время, исключает неприятные запахи и опасность бактериального загрязнения, позволяет в десятки раз экономить задействованные земельные площади под очистные сооружения.

Предлагаемая система испытана на опытном образце. Капитальные затраты при использовании ПАВ-озонной технологии снижаются в 3-5 раз по сравнению с типовыми сооружениями.

Таким образом, очистка сточных вод от ПАВ – сложная, комплексная задача, которая достигается целым комплексом механических, химических, физико-химических, сорбционных и биологических методов.

### **Вопросы к разделу 5**

1. Назовите основные экологические показатели качества текстильной продукции, предусмотренные стандартом Эко-Текс-100.

2. Какие соединения тяжелых металлов встречаются в стоках отделочных производств?

3. Какой принцип используется при выборе высокоэффективных каталитических загрузок для обезжелезивания воды?

4. Объясните схему обезжелезивания воды с использованием каталитической загрузки *Вirm*.

5. На какие основные группы подразделяются тяжелые металлы по характеру биологического воздействия на живые организмы?

6. Назовите примеры типичных токсикантов и микроэлементов из тяжелых металлов.

7. Охарактеризуйте токсикологические свойства ртути.

8. Соединения каких тяжелых металлов подлежат обязательному определению в соответствии со стандартом ЕКО-ТЕХ-100?

9. Что означает критерий токсичности соединений тяжелых металлов показатель ПДКВ?
10. Раскройте суть локальной очистки стоков текстильного производства, предусматривающая использование углеродсодержащего гель-сорбента.
11. На чем основан принцип извлечения ионов металлов из промышленных стоков электрофлотационным методом?
12. В чем суть метода ионного обмена?
13. Что такое иониты? Приведите примеры неорганических и органических ионитов.
14. Перечислите основные требования к ионитам, используемым для очистки сточных вод,
15. Как образуются диоксины? С чем связаны его токсичные свойства?
16. Какие источники могут способствовать образованию диоксинов в сточных водах текстильных предприятий?
17. Основное назначение поверхностно-активных веществ в текстильном отделочном производстве.
18. В чем заключается токсикологическое воздействие ПАВ?
19. Биоразложение ПАВ, факторы, влияющие на этот показатель.
20. Назовите негативное влияние ПАВ на окружающую среду.
21. Опишите действие ПАВ на организм человека.
22. Как влияет структура ПАВ на экологическую безопасность?
23. Назовите методы очистки водных экосистем от ПАВ.
24. От каких факторов зависит скорость самоочищения водоёма и разложения ПАВ?
25. Какие методы применяют для эффективной очистки сточных вод от ПАВ?
26. Метод биохимического окисления ПАВ.
27. Объясните действие микробиологического препарата Микрозим при удалении из стоков ПАВ.
28. Назовите физико-химические способы очистки сточных вод отделочного производства от ПАВ.

29. В чем суть флотационного метода очистки сточных вод от ПАВ?

30. В чем особенность ПАВ-озонной технологии?

## 6 . Охрана атмосферы

### 6.1. Основные компоненты и загрязнители атмосферы

Атмосфера - это слой воздуха над планетой высотой ~ 60 км.

В воздухе, которым мы дышим, находится огромное количество вредных веществ: частицы сажи, асбеста, свинца, пыли, взвешенные жидкие капли углеводородов и серной кислоты, а также оксиды углерода, оксиды азота, оксиды серы и т.д.

Загрязняющие вещества, находящиеся в воздухе, оказывают токсическое воздействие на организм человека: затрудняется дыхание, развиваются сердечно-сосудистые заболевания и т.д. В результате воздействия некоторых содержащихся в воздухе веществ подвергаются коррозии различные строительные материалы, в том числе известняк и металлы. Может изменяться и облик местности, поскольку растения очень чувствительны к загрязнению воздуха.

Таблица 8. Нормальный состав атмосферы Земли (об. ,%)

N <sub>2</sub>	78,08
O <sub>2</sub>	20,94
Ar	0,93
CO <sub>2</sub>	< 0,00005
Ne, He, CH <sub>4</sub> , Kr и H <sub>2</sub>	0,01

К основным загрязнителям атмосферы, которых по данным ЮНЕП ежегодно выделяется до 25 млрд. т., относят:

- а) оксиды серы (SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>);
- б) оксиды азота (N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>);
- в) оксиды углерода (CO и CO<sub>2</sub>);
- г) углеводороды (C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>);
- д) пыль.

Ежегодно в атмосферу Земли выбрасывается ~ 200 млн т оксида серы (IV) и пыли, ~ 60 млн. т. оксидов азота, ~ 80 млн т оксидов углерода и ~ 80 млн т различных углеводородов.

Оксиды серы ( $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ ). Оксиды серы выделяются в атмосферу в основном в результате сжигания ископаемого топлива (бурого угля, мазута, серосодержащих нефтепродуктов) в процессе работы тепловых электростанций (ТЭС), а также при переработке полиметаллических серосодержащих руд различных металлов ( $\text{PbS}$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{CuS}$ ,  $\text{NiS}$ ,  $\text{MnS}$  и т.д.).

Например, ТЭС мощностью 1 млн кВт при работе на каменном угле выбрасывает 11 тыс. т  $\text{SO}_2$  в год, при работе на газе - 20% от этого количества. К тому же предприятия, производящие целлюлозу, тоннами выбрасывают оксиды серы.

Высокие концентрации  $\text{SO}_2$  приводят к образованию «зимнего» смога (смога лондонского типа).

При сжигании топлива и при переработке серосодержащих руд содержащаяся в них сера окисляется, образуя два соединения:  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ . При этом до  $\text{SO}_3$  окисляется менее 3% исходной серы. При взаимодействии  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$  с парами воды в воздухе соответственно образуются сернистая и серная кислоты.

Около 60% от всех содержащихся в дождевой воде кислот составляет серная кислота. Кислотные дожди способствуют коррозии металлов и губят растения. Даже когда среднее содержание оксидов серы в воздухе составляет всего 100 мкг/м<sup>3</sup>, что нередко имеет место в городах, растения могут приобретать желтоватый оттенок.

Отмечено также, что заболевания дыхательных путей (бронхит, астма, кашель и т.д.) учащаются при повышенном содержании оксидов серы в воздухе.

Кроме того, кислотные дожди вымывают тяжелые металлы из горных пород, закисляют почву и увеличивают кислотность озер, пагубно влияя на популяции рыб. Например, в 80-е годы озера и реки Норвегии из-за кислотных дождей почти полностью потеряли свои рыбные запасы. В этом в большой мере была вина предприятий комбината «Североникель», расположенных на Кольском полуострове.

Большую озабоченность вызывает в России огромный трансграничный перенос серы с Запада, составляющий около 2 млн т оксидов серы и 10 млн т сульфатов и в 7-10 раз превышающий обратный поток загрязнения с территории России.

Основными странами, загрязняющими в настоящее время европейскую территорию России, являются страны Восточной

Европы и Украина, энергетика которых базируется на бурых углях.

В настоящее время многие страны успешно решают проблему загрязнения атмосферы оксидами серы. Так, Швеция, особенно сильно пострадавшая от кислотных дождей, ограничила сжигание нефти и угля и использует только горючее, не содержащее серу.

В Греции для отопления жилых домов в районе Акрополя разрешается использовать лишь топливо с особо низким содержанием серы.

В Лондоне в результате ряда строжайших мер снизилось содержание оксидов серы, что привело к исчезновению лондонского смога.

Россия также входит в конвенцию по выбросам оксидов серы и участвует во всех процессах, способствующих снижению выбросов оксидов серы в атмосферу. Основным решением этой проблемы является строительство заводов, производящих серную кислоту по схеме  $SO_2 \rightarrow SO_3 \rightarrow H_2SO_4$ .

Таким образом, используя оксиды серы для производства столь необходимого во многих областях деятельности продукта, человечество перестанет извлекать из недр ограниченные запасы серы.

Было подсчитано, что в 80-е годы масса выбросов оксидов серы составляла 15,6 млн. т. в год, а мировые потребности в серной кислоте (для получения синтетических моющих средств, для заливки аккумуляторов автомобилей и т.д.) составляли около 25 млн. тонн в год. Таким образом, потребности в серной кислоте были значительно меньше того количества, которое можно было произвести из выбрасываемых оксидов серы.

В настоящее время разработано и используется много методов для улавливания  $SO_2$  из отходящих дымовых газов. Весьма привлекательными являются скрубберные установки, позволяющие получить продукты, имеющие спрос на рынке. Один из таких скрубберов может производить серу высокой чистоты, другой - разбавленную серную кислоту. Последнюю невыгодно перевозить на большие расстояния, тогда как высокочистая сера, находящая применение в производстве лекарственных препаратов, промышленных реагентов, удобрений и т.д., привлекает и далеких потребителей в развитых странах.

В России проблему загрязнения атмосферы оксидами серы удалось решить на большей части европейской территории. Так, в Москве на единственном нефтеперерабатывающем заводе в Копотне с 1997 года запрещено использовать серосодержащие нефтепродукты. В то же время трудности, связанные с транспортировкой серной кислоты, затрудняют решение этой проблемы для азиатской территории. В результате огромные массы оксидов серы комбината «Норильский никель», выбрасываемые 100-метровыми трубами, достигают через Северный полюс берегов Канады.

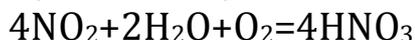
**Оксиды азота ( $N_xO_y$ ).** В природе оксиды азота образуются при лесных пожарах, однако высокие концентрации этих загрязнителей в городах и окрестностях промышленных предприятий связаны с антропогенной деятельностью. Оксиды азота в значительном количестве выделяются при работе ТЭС, двигателей внутреннего сгорания и в процессе травления металлов азотной кислотой. Производства взрывчатых веществ и азотной кислоты также являются источниками выбросов оксидов азота в атмосферу.

Вредными оксидами в атмосфере являются:

1) оксид азота (I) - веселящий газ ( $N_2O$ ), обладает наркотическими свойствами и используется при хирургических операциях;

2) оксид азота(II) - ( $NO$ ), действует на нервную систему человека, вызывает паралич и судороги, связывает гемоглобин крови и вызывает кислородное голодание;

3) оксиды азота (IV) - ( $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ ), вызывают поражение дыхательных путей и отек легких. При взаимодействии с водой и кислородом образуют азотную кислоту:



Оксиды азота участвуют в образовании кислотных дождей. Азотная кислота, образующаяся из оксидов азота, составляет около 35% от всех кислот, содержащихся в дождевой воде.

Оксиды азота принимают участие в образовании фотохимического смога, что приводит к вторичному загрязнению атмосферы городов. К фотохимическим процессам, характерным для южных солнечных городов, относятся процессы образования пероксиацетилнитратов (ПАН), которые при концентрациях 0,1-0,5 мг/м<sup>3</sup> могут вызывать раздражение слизистой оболочки глаз

и гибель растений. Наличие ПАН в атмосфере характерно для так называемого «летнего» или лос-анджелесского смога.

Уровень фотохимического загрязнения воздуха тесно связан с режимом движения автотранспорта. Так, в период высокой интенсивности движения утром и вечером отмечается максимум выбросов в атмосферу оксидов азота и углеводородов, химическое взаимодействие которых обуславливает фотохимическое загрязнение воздуха.

Высокие уровни оксидов азота приводят к учащению случаев катара верхних дыхательных путей, бронхита и воспаления легких у населения.

Люди с хроническими заболеваниями дыхательных путей (например, астма или эмфизема легких), а также лица, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями, могут быть более чувствительными к прямым воздействиям оксидов азота.

У лиц, страдающих хроническими сердечно-сосудистыми заболеваниями и заболеваниями дыхательных путей, в присутствии оксидов азота легче развиваются осложнения при кратковременных респираторных инфекциях.

### **Оксид углерода (II) (CO).**

В городском воздухе угарный газ (CO) содержится в большей концентрации, чем любой другой загрязнитель. Но так как этот газ не имеет ни цвета, ни запаха, ни вкуса, наши органы чувств не в состоянии его обнаружить.

Оксид углерода (II) при вдыхании вместе с воздухом поступает в кровь, где взаимодействует с гемоглобином крови. Гемоглобин представляет собой сложный белковый комплекс, переносящий кислород из легких к клеткам организма, а углекислый газ - из клеток организма обратно в легкие.

Угарный газ соединяется с молекулами гемоглобина во много раз прочнее, чем кислород. Чем больше угарного газа содержится в воздухе, тем больше гемоглобина связывается с ним и тем меньше кислорода достигает клеток. По этой причине оксид углерода (II) при повышенных концентрациях представляет собой смертельно опасный яд.

Самым крупным источником CO в атмосфере городов (свыше 90%) является автотранспорт, поскольку в двигателях внутреннего сгорания происходит неполное сгорание углерода. При полном сгорании углерода, как известно, образуется углекислый газ (CO<sub>2</sub>).

В 60-х годах типичный автомобильный двигатель выбрасывал с выхлопными газами в среднем 73 г CO на каждые 1,5 км пробега. По

данным США к 1981 году выбросы CO новыми автомобилями снизились до 3,4 г на 1,5 км. Для достижения установленных норм выхлопные газы смешиваются с воздухом в присутствии катализатора. Оставшийся оксид углерода (II) окисляется в каталитическом преобразователе, содержащем платину и палладий (Pt/Pd), обладающими каталитическими свойствами.

Именно такая схема в настоящее время выбрана повсеместно для уменьшения выбросов CO в атмосферу. Например, в Москве по решению мэрии не разрешается оформлять покупку автомобилей иностранных марок до 1985 г. выпуска, т.е. без соответствующих установленных катализаторов.

Принимаемые меры приводят к снижению уровня загрязнения оксидом углерода (II) двигателями внутреннего сгорания. В США общий выброс CO автотранспортом снизился с 64,3 млн т в 1976 году до 47,7 млн т в 1983 году, т.е. на 25%.

Причинами столь малого снижения являются рост числа автомобилей на дорогах и ухудшение со временем каталитических свойств преобразователей. Следовательно, необходимо регулярно контролировать газовые выбросы двигателей внутреннего сгорания на содержание в них CO.

Подсчитано, что автомобили выбрасывают в атмосферу около половины всех оксидов азота, 40% углеводородов, 65% угарного и 15% углекислого газа (по данным ООО «газета АВТОРЕВЮ», 1990-2010). Причем ситуация в так называемых третьих странах (в том числе и в СНГ) гораздо плачевнее, чем в Евросоюзе, где действуют жесткие экологические стандарты. Например, в некоторых регионах Украины и России на долю автомобилей приходится до 70% выбрасываемых в воздух вредных веществ.

Что регламентируют нормы Евро? Прежде всего — содержание в выхлопных газах окиси углерода (CO), углеводородов (CH) и диоксида NO<sub>2</sub>, в который превращается при охлаждении монооксид азота (NO). Карбюраторные «Жигули» и «Самары» со впрыском топлива, но не оснащенные катализаторами, выбрасывают в воздух в 7—10 раз больше CO и CH, чем иномарки, отвечающие стандарту Евро 4. А в режиме прогрева двигатель стандарта Евро 0 выбрасывает в атмосферу 280 различных токсичных веществ, в том числе окиси свинца, кадмия, меди, цинка, никеля, хрома...

Именно поэтому в 1992 году в странах Евросоюза был введен стандарт Евро 1, ограничивающий содержание в выхлопных газах оксидов азота и сажи.

В 1995 году Европа перешла на стандарты Евро 2, в 1999 году — на Евро 3. Нынешние, еще более жесткие нормы Евро 4 действуют с 2005 года. Причем закон требует, чтобы автомобиль укладывался в Евро 4 не только «с нова», но и на протяжении не менее 80 тыс. км пробега.

С середины 2008 года в силу вступили нормы Евро 5. Эти нормы еще жестче ограничивают содержание вредных веществ в выхлопных газах, причем автомобиль должен отвечать им на протяжении 160 тысяч км пробега.

Таблица 9. Нормы вредных выбросов в соответствии со стандартами "Евро"

Стандарт	Содержание в выхлопе, г/(кВт·ч)	
	окиси углерода (CO)	углеводородов (CH)
«Евро-0»	11,5	3,5
«Евро-1»	4,9	1,23
«Евро-2»	4,0	1,1
«Евро-3»	2,1	0,66
«Евро-4»	1,5	0,46
«Евро-5»	< 1,5	< 0,46

Оксид углерода CO (угарный газ) тоже образуется из-за неполного сгорания топлива. Это очень ядовитый газ без цвета и запаха. Даже при мизерной концентрации угарного газа в воздухе (0,01%) возникает сильная головная боль, а при концентрации 0,3% не исключен летальный исход.

Содержание CO в отработавших газах резко увеличивается при недостатке кислорода в горючей смеси, когда CO не может превратиться в диоксид углерода CO<sub>2</sub>.

Другой источник угарного газа - табачный дым, с которым сталкиваются не только курильщики, но и их ближайшее окружение. Доказано, что курильщик поглощает вдвое больше CO, чем человек, живущий в сильно загрязненной среде.

**Оксид углерода (IV)(CO<sub>2</sub>).** Углекислый газ (CO<sub>2</sub>) является нормальной составляющей атмосферы, без которой жизнь на Земле в том виде, в котором она существует в настоящее время, не была бы

возможна. В присутствии  $\text{CO}_2$  под действием света в клетках зеленых растений протекает процесс фотосинтеза



где 2820 кДж - количество солнечной энергии, использованной в процессе фотосинтеза.

Однако постоянное накопление  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли сопряжено с негативными последствиями. Влияние углекислого газа связано с его способностью поглощать инфракрасное (ИК) излучение в диапазоне длин волн  $700 < \lambda < 1400$  нм.

Земля, как известно, получает практически всю свою энергию от Солнца в интервале видимого участка спектра ( $400 < \lambda < 700$  нм), а отражает в виде длинноволнового ИК излучения. Таким образом,  $\text{CO}_2$  задерживает тепловое излучение Земли, действуя как парниковая пленка.

С 1850 года по настоящее время содержание  $\text{CO}_2$  в атмосфере Земли возросло с 0,027% до 0,033%. Это является следствием техногенной деятельности человека.

Подсчитано, что человечество в XX веке сожгло ископаемых видов топлива столько же, сколько за весь период своего существования до XX века.

Возрастание среднегодовой температуры, связанное с накоплением  $\text{CO}_2$ , может привести к таянию ледников и, как результат, к поднятию уровня мирового океана. К счастью накопление углекислого газа в атмосфере идет в 2-3 раза медленнее, чем это подсчитано теоретически.

Механизмом вывода  $\text{CO}_2$  из атмосферы Земли является поглощение его в процессе фотосинтеза зеленых растений, а также связывание его в океанских водах в нерастворимые карбонаты по реакции:



**Кислород ( $\text{O}_2$ ).** Согласно «гипотезе Геи», разработанной Д. Лавлоком и опубликованной в 1979 году, нынешние условия жизни на Земле были сформированы живыми организмами, прежде всего, зелеными растениями. Приведенные в табл. 10 процентные концентрации различных газов в атмосфере Земли и самых близкорасположенных к ней планет, заставляют думать, что это так. Согласно этой гипотезе кислород на Земле создан самой жизнью. зелеными растениями. Приведенные в табл. 10 процентные концентрации различных газов в атмосфере Земли и самых близко расположенных к ней планет заставляют думать, что это так. Согласно этой гипотезе кислород на Земле создан самой жизнью.

Таблица 9. Содержание газов в атмосфере Земли, Венеры и Марса (%)

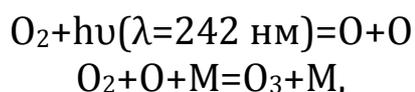
Газ	Земля	Марс	Венера
CO <sub>2</sub>	0,03	95	98
N <sub>2</sub>	78	2,7	1,9
O <sub>2</sub>	21	0,13	следы

Главными продуцентами кислорода на Земле являются зеленые водоросли поверхностных вод мирового океана (60%) и тропические леса суши (30%). Тропические леса Амазонии называют «легкими» планеты Земля.

В научной литературе много раз высказывались опасения, что вследствие увеличения объема сжигания ископаемого топлива возможно уменьшение концентрации кислорода на Земле. Но расчеты показали, что использование всех доступных человеку залежей угля, нефти и природного газа может привести к уменьшению содержания кислорода в атмосфере не более чем на 0,15%.

Другой важной проблемой, связанной с кислородом, является вырубка лесов, приводящая к возникновению кислородных паразитов - стран, живущих за счет кислорода других стран. Например, США за счет своих зеленых растений имеет только 40% кислорода, Швейцария - 25%.

Озон (O<sub>3</sub>). Озон образуется в верхних слоях стратосферы и нижних слоях мезосферы в результате протекания следующих реакций:

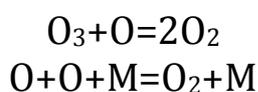


где M - различные составляющие атмосферы, например, кислород или азот.

Озон поглощает УФ-излучение, значительно уменьшая его интенсивность вблизи поверхности Земли. При этом канцерогенным является УФ-излучение с длиной волны короче 320 нм.



Озон и атомарный кислород могут реагировать в кислородной атмосфере согласно реакциям:



Все эти реакции образуют так называемый цикл Чепмена. Общее содержание озона иногда выражают в виде числа молекул озона в

результате их суммирования по всем широтам, долготам и высотам. На сегодняшний день это приблизительно  $4 \times 10^{37}$  молекул озона.

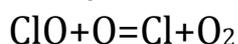
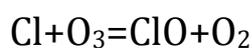
Наиболее распространенной количественной оценкой присутствия озона в атмосфере является приведенная толщина озонного слоя, которая представляет собой толщину слоя озона, приведенного к нормальным условиям, и которая в зависимости от сезона, широты и долготы колеблется от 2,5 мм до 5 мм. Области с уменьшенным содержанием озона в атмосфере на 40-50% называют «озонными дырами».

Около 90% атмосферного озона находится в стратосфере. Долгое время считалось, что основной причиной истощения озонного слоя являются полеты космических кораблей и сверхзвуковых самолетов, а также извержения вулканов и другие природные явления.

Однако в 1974 году американские ученые в области химии атмосферы Ш.Роулэнд и М.Молина обнаружили разрушительное воздействие хлорфторуглеродных соединений (ХФУ) на стратосферный озон.

В 1996 году за открытия в этой области им была присуждена Нобелевская премия. С тех пор не раз предпринимались попытки ограничить выброс ХФУ в атмосферу и, тем не менее, сейчас во всем мире производится около миллиона тонн газообразных веществ, способных разрушить озонный слой. ХФУ, часто встречающиеся в быту и в промышленности, служат пропеллентами в аэрозольных упаковках, используются как хладагенты (фреоны) в холодильниках и кондиционерах, применяются при изготовлении упаковок из вспененного полиуретана и при чистке электронной техники. ХФУ являются высокостабильными соединениями и не поглощают солнечное излучение с большой длиной волны.

Следовательно, они не могут подвергнуться его воздействию в нижних слоях атмосферы Земли и постепенно поднимаются в верхние ее слои. Преодолев озонный слой, они разрушаются под действием коротковолнового излучения, высвобождая при этом свободный хлор и разрушая озонный слой, спасающий от УФ-излучения.



Таким образом, разложение ХФУ солнечным излучением создает каталитическую цепную реакцию, согласно которой каждый атом хлора способен разрушить до 100 тысяч молекул озона.

Время жизни двух самых активных фреонов Ф-11 и Ф-12 от 70 до 100 лет. Этого вполне достаточно, чтобы в ближайшее время ощутить на себе последствия сегодняшней экологической неграмотности.

Если сохранятся современные темпы выброса ХФУ в атмосферу, то в ближайшие десятилетия количество стратосферного озона уменьшится в несколько раз. По различным данным это уменьшение может составить от 30 до 90%. При этом весьма вероятно, что:

а) рак кожи примет эпидемический характер, так как ожидается, что каждый процент уменьшения толщины озонового слоя повлечет за собой увеличение числа случаев заболевания раком кожи на 5-6%;

б) резко сократится количество планктона в мировом океане;

в) исчезнут многие виды животных, например, ракообразные;

г) УФ-излучение неблагоприятно скажется на сельскохозяйственных культурах.

Все эти явления нарушат равновесие во многих экосистемах Земли. Кроме того, в результате образования так называемого «летнего» смога, одним из самых важных токсичных компонентов которого является озон, может ухудшиться общее состояние атмосферы Земли и усилится «парниковый эффект».

### **Пыль**

Основной вклад в запыление атмосферы Земли вносит сама природа. Это пыльные бури, эрозия почв, выбросы вулканов, морские брызги. Однако около 15-20% от общего количества пыли и аэрозолей в атмосфере имеют антропогенное происхождение.

Основной вклад вносит производство стройматериалов, дробление пород в горнодобывающей промышленности, производство цемента, строительство. Например, во Франции выбрасывается в атмосферу примерно 3% от общего количества производимого цемента (~ 100 т в год).

Оседающая в промышленных городах пыль содержит ~ 20% оксида железа (III) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), ~ 15% оксида кремния ( $\text{SiO}_2$ ) и ~ 5% сажи (С).

Промышленная пыль часто включает оксиды различных металлов и неметаллов, многие из которых токсичны. Это оксиды марганца, свинца, молибдена, ванадия, сурьмы, мышьяка, теллура.

Пыль и аэрозоли не только затрудняют дыхание, но и приводят к климатическим изменениям, поскольку отражают солнечное излучение и затрудняют отвод тепла от Земли.

## **6.2. Физико-химические методы очистки атмосферы от газообразных загрязнителей**

Наибольшее распространение при очистке газов получили адсорбционные, абсорбционные и каталитические методы.

Абсорбция - поглощение газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями, называемыми абсорбентами.

Адсорбция - избирательное извлечение компонентов посредством твердых материалов, называемых адсорбентами и имеющих большую удельную поверхность.

Каталитическая очистка основана на каталитических реакциях, в результате которых примеси превращаются в безвредные, менее вредные или легко удаляемые соединения.

Санитарная очистка промышленных выбросов включает в себя очистку от оксидов углерода, оксидов азота, оксидов серы и пыли.

### **Очистка газов от CO<sub>2</sub>**

1. Абсорбция водой. Этот способ прост и дешев, однако эффективность очистки в этом случае мала, так как максимальная поглотительная способность воды составляет 8 кг CO<sub>2</sub> на 100 кг воды.

2. Поглощение растворами этанол-аминов:



В качестве поглотителя обычно применяется моноэтаноламин, хотя триэтаноламин обладает большей реакционной способностью.

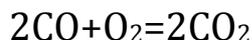
3. Очистка цеолитами типа СаА. Молекулы CO<sub>2</sub> очень малы: D = 3,1 .

Для извлечения CO<sub>2</sub> из природного газа и удаления продуктов жизнедеятельности (влаги и CO<sub>2</sub>) в современных

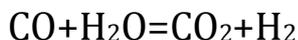
экологических изолированных системах (космические корабли, подводные лодки и т.п.) используются молекулярные сита типа СаА.

### **Очистка газов от СО**

1. Дожигание на платино-палладиевом (Pt/Pd) катализаторе:



2. Конверсия:



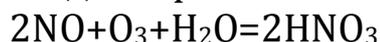
### **Очистка газов от оксидов азота**

В химической промышленности очистка от оксидов азота на 80% и более осуществляется в основном за счет превращений на катализаторах.

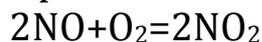
1. Окислительные методы основаны на реакциях окисления оксидов азота с последующим поглощением водой и образованием азотной кислоты.

Например:

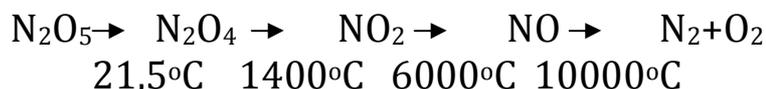
- а) окисление озоном в жидкой фазе:



- б) окисление кислородом при высокой температуре:

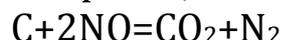


2. Восстановительные методы основаны на восстановлении оксидов азота до нейтральных продуктов в присутствии катализаторов или под действием высоких температур:

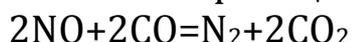


Разложение оксидов азота до нейтральных составляющих атмосферы ( $\text{N}_2 + \text{O}_2$ ) происходит в потоке низкотемпературной плазмы ( $10000^\circ\text{C}$ ). Этот же процесс, но при более низких температурах в присутствии катализатора протекает в двигателях внутреннего сгорания.

Наличие восстановителей (угля, графита, кокса) в зоне реакции также понижает температуру реакции восстановления. При температуре  $1000^\circ\text{C}$  степень разложения (а) оксида азота (II) составляет 100% при протекании реакции:



При высокой температуре в выхлопных газах двигателей внутреннего сгорания возможна также реакция:

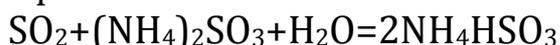


3. Сорбционные методы. Адсорбция оксидов азота водными растворами щелочей и известью, а также адсорбция твердыми сорбентами (бурые угли, торф, силикагели, цеолиты).

#### **Очистка газов от SO<sub>2</sub>**

Очистка дымовых газов электростанций обходится сейчас в 300-400 руб. за 1 кВт в год. Методы улавливания SO<sub>2</sub> из газовых выбросов требуют больших затрат. Ниже перечислены основные группы методов очистки газов от SO<sub>2</sub>.

1. Аммиачные методы основаны на взаимодействии SO<sub>2</sub> с водным раствором сульфита аммония:



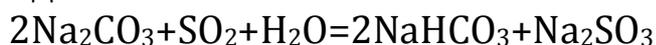
Образовавшийся бисульфит аммония легко разлагается кислотой (серной, азотной, фосфорной):



Этот метод является относительно экономичным, но требует расхода дефицитного продукта - аммиака.

2. Метод нейтрализации основан на поглощении SO<sub>2</sub> раствором соды, извести или суспензиями основных оксидов:

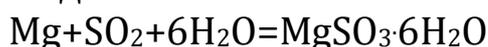
а) содовый метод



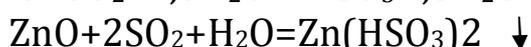
б) известковый метод



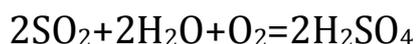
в) магнезитовый метод



г) цинковый метод



3. Каталитические методы основаны на непосредственном превращении SO<sub>2</sub> в H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в присутствии катализаторов. Катализатором является пиролюзит - руда, содержащая марганец. Окисление SO<sub>2</sub> происходит по следующей реакции:



Эффективность очистки выбросов от SO<sub>2</sub> зависит от множества факторов: парциальных давлений SO<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в очищаемой газовой смеси, температуры отходящих газов, наличия и свойств твердых и газообразных компонентов, объема очищаемых газов, наличия и доступности хемосорбентов,

потребности в продуктах утилизации SO<sub>2</sub>, требуемой степени очистки газа и т.д.

Очистка газов от взвешенных частиц

Можно выделить несколько групп методов улавливания частиц пыли:

- 1) гравитационное оседание;
- 2) центрифугирование;
- 3) электростатическое оседание;
- 4) инерционное ударение;
- 5) прямой захват;
- 6) диффузия.

Все эти процессы осуществляются с помощью специальной аппаратуры.

### **6.3.Выбросы текстильных предприятий и их очистка**

Текстильная промышленность наносит относительно небольшой ущерб окружающей среде, но так как большинство текстильных предприятий расположены в черте городов и у них фактически отсутствуют санитарно-защитные зоны, защита окружающей среды является необходимой и важной проблемой.

Выбросы текстильных предприятий подразделяются на технологические и вентиляционные.

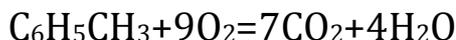
К технологическим выбросам относятся выбросы из сушильных систем красильных линий и печатных машин, линий предварительной подготовки, опаливающих машин и стригальных агрегатов, выбросы от сушильных и термофиксационных установок на заключительной отделке тканей. Технологические выбросы характеризуются высокими концентрациями вредных веществ и подлежат обязательной очистке.

К вентиляционным выбросам относятся выбросы общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Выбросы местной вытяжной вентиляции по концентрации загрязняющих веществ близки к технологическим выбросам и подлежат очистке. Выбросы общеобменной вентиляции характеризуются большими объемами воздуха и низкими концентрациями загрязняющих веществ.

Рекуперация растворителей осуществляется с помощью адсорбентов в специальных аппаратах - адсорберах. Обычно для этих целей используют активированный уголь. Воздух, содержащий пары растворителя, проходит через слой адсорбента. После насыщения адсорбента из него извлекают растворитель.

Термокаталитическая очистка - окисление углеводородов в газовой смеси до нетоксичных веществ ( $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ) в присутствии катализаторов.

Например:



В качестве катализаторов используются металлы платиновой группы, обладающие высокой каталитической активностью.

Рекуперация растворителей рекомендуется для предприятий с объемом выбросов, подлежащих очистке, от 90 тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$  и более, а при меньших объемах рекомендуется термокаталитическая очистка.

Для очистки воздушных выбросов от пыли (хлопковой, красочной, полимерной и т.д.) применяют различные пылеуловители: фильтры (матерчатые, рукавные) с различными фильтрующими материалами, циклоны и т.д.

### **6.3.1. Методы сухой очистки газов от пыли**

Методы очистки по их основному принципу можно разделить на механическую очистку, электростатическую очистку и очистку с помощью звуковой и ультразвуковой коагуляции.

Механическая очистка газов включает сухие и мокрые методы. К сухим методам относятся:

- гравитационное осаждение;
- инерционное и центробежное пылеулавливание;
- фильтрация.

Гравитационное осаждение основано на осаждении взвешенных частиц под действием силы тяжести при движении запыленного газа с малой скоростью без изменения направления потока. Процесс проводят в отстойных газоходах и пылесадительных камерах.

Для уменьшения высоты осаждения частиц в осадительных камерах установлено на расстоянии 40-100 мм множество горизонтальных полок, разбивающих газовый поток на плоские струи.

Производительность осадительных камер  $\Pi = Sw_0$ , где  $S$  - площадь горизонтального сечения камеры, или общая площадь полок,  $\text{м}^2$ ;  $w_0$  - скорость осаждения частиц,  $\text{м}/\text{с}$ .

Гравитационное осаждение действительно лишь для крупных частиц диаметром более 50-100  $\mu\text{м}$ , причем степень очистки составляет не выше 40-50%. Метод пригоден лишь для предварительной, грубой очистки газов.

Инерционное осаждение основано на стремлении взвешенных частиц сохранять первоначальное направление движения при изменении направления газового потока.

Среди инерционных аппаратов наиболее часто применяют жалюзийные пылеуловители с большим числом щелей (жалюзи). Газы обеспыливаются, выходя через щели и меняя при этом направление движения, скорость газа на входе в аппарат составляет 10-15 м/с. Гидравлическое сопротивление аппарата 100 - 400 Па (10 - 40 мм вод. ст.). Частицы пыли с  $d < 20$  мкм в жалюзийных аппаратах не улавливаются. Степень очистки в зависимости от дисперсности частиц составляет 20-70%.

Инерционный метод можно применять лишь для грубой очистки газа. Помимо малой эффективности недостаток этого метода - быстрое истирание или забивание щелей.

Фильтрация основана на прохождении очищаемого газа через различные фильтрующие ткани (хлопок, шерсть, химические волокна, стекловолокно и др.) или через другие фильтрующие материалы (керамика, металлокерамика, пористые перегородки из пластмассы и др.).

Наиболее часто для фильтрации применяют специально изготовленные волокнистые материалы - стекловолокно, шерсть или хлопок с асбестом, асбестоцеллюлозу.

В зависимости от фильтрующего материала различают тканевые фильтры (в том числе рукавные), волокнистые, из зернистых материалов (керамика, металлокерамика, пористые пластмассы).

Тканевые фильтры, чаще всего рукавные, применяются при температуре очищаемого газа не выше 60-65°C. В зависимости от гранулометрического состава пылей и начальной запыленности степень очистки составляет 85-99%. Гидравлическое сопротивление фильтра  $P$  около 1000 Па; расход энергии  $\sim 1$  кВт·ч на 1000 м<sup>3</sup> очищаемого газа.

Для непрерывной очистки ткани продувают воздушными струями, которые создаются различными устройствами - соплами, расположенными против каждого рукава, движущимися наружными продувочными кольцами и др. Сейчас применяют автоматическое управление рукавными фильтрами с продувкой их импульсами сжатого воздуха.

Фильтрация - весьма распространенный прием тонкой очистки газов. Ее преимущества - сравнительная низкая стоимость оборудования (за исключением металлокерамических фильтров) и

высокая эффективность тонкой очистки. Недостатки фильтрации – высокое гидравлическое сопротивление и быстрое забивание фильтрующего материала пылью.

Для очистки запыленного воздуха перед выводом его в атмосферу широко применяют центробежные пылеуловители – циклоны. Эффективность очистки газа в циклоне можно повысить путем увеличения скорости газа или уменьшения диаметра аппарата.

Однако возрастание скорости связано со значительным увеличением гидравлического сопротивления. Поэтому для повышения эффективности работы циклона желательны уменьшение их диаметра и замена одного аппарата несколькими малого диаметра.

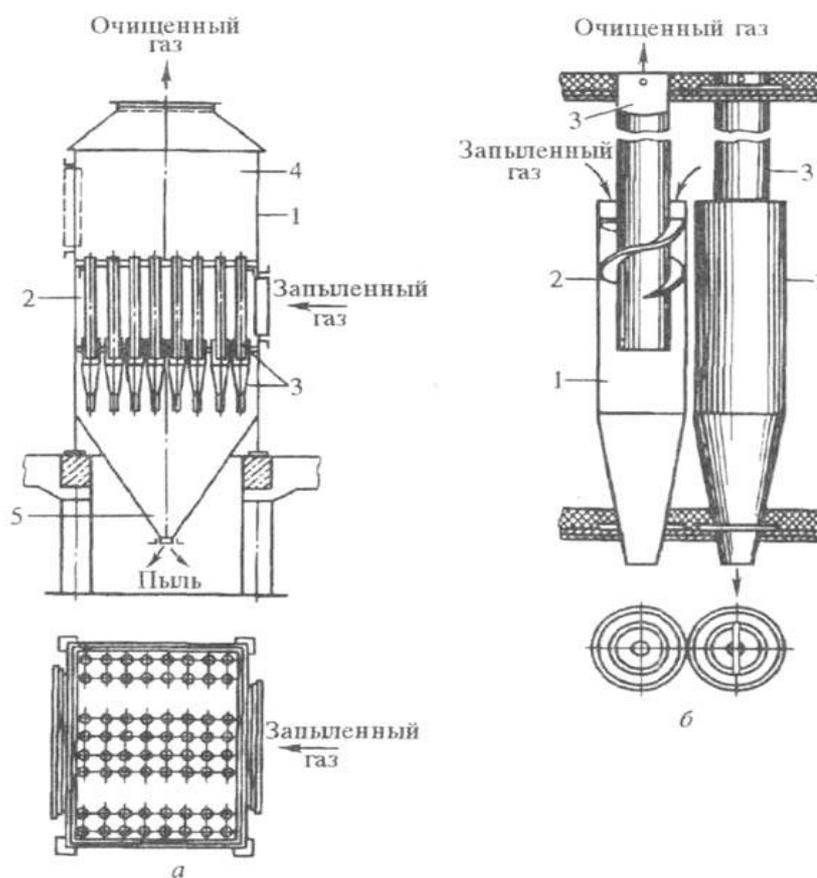


Рис.18. Батарейный циклон (а) и его элемент (б): 1 - корпус; 2, 4 - камеры газораспределительные и для обеспыленного газа; 3 - циклонные элементы; 5 - пылесборник

Такой принцип положен в основу устройства батарейного циклона (рис. 18).

Последний состоит из многих (несколько десятков) параллельно работающих элементов (рис.18,б), смонтированных в общем корпусе. Поступая в циклон, запыленный газ входит в газораспределительную камеру,

ограниченную трубными решетками, в которых герметично укреплены циклонные элементы. Обеспыленный газ удаляется через выхлопные трубы элементов в общую камеру, а пыль собирается в коническом днище (пылесборнике).

### **6.3.2. Мокрая очистка газов от пыли**

Мокрая очистка газов от аэрозолей основана на промывке газа жидкостью (обычной водой) при возможно более развитой поверхности контакта жидкости с частицами аэрозоля и возможно более интенсивном перемешивании очищаемого газа с жидкостью. Этот универсальный метод очистки газов от частиц пыли, дыма и тумана любых размеров является наиболее распространенным приемом заключительной стадии механической очистки, в особенности для газов, подлежащих охлаждению. В аппаратах мокрой очистки применяют различные приемы развития поверхности соприкосновения жидкости и газа.

Действие аппаратов мокрой очистки газов основано на захвате частиц пыли жидкостью, которая уносит их из аппаратов в виде шлама.

Процессу улавливания пыли в мокрых пылеуловителях способствует конденсационный эффект – укрупнение частиц пыли за счет конденсации на них водяных паров. Поскольку в этих аппаратах процесс пылеочистки обычно сопровождается процессами абсорбции и охлаждения газов, они применяются и в качестве теплообменных аппаратов, и для очистки газообразных составляющих.

Обычно в качестве орошающей жидкости, если не требуется химическая очистка, используется вода. Часто аппараты мокрой очистки газов используются в качестве предварительной ступени перед аппаратами других типов. По способу действия эти аппараты разделяют на группы:

- полые газопромыватели – газы пропускаются через завесу распыленной жидкости, капли которой захватывают частицы пыли;
- насадочные газопромыватели (скрубберы) – в корпус аппарата на опорную решетку засыпается насадка, чаще всего представляющая собой кольца различной конфигурации;
- барботажные аппараты (барботеры) – запыленный газ проходит через слой жидкости в виде пузырьков, на поверхности которых и происходит осаждение частиц пыли;
- пенные аппараты – чаще всего снабжены т.н. провальными тарелками (щелевыми или дырчатыми), которые поливаются

жидкостью; образуемая на них пена захватывает частицы пыли, удаляемые из аппарата в виде шлама;

–пылеуловители ударно-инерционного действия – представляют собой вертикальную колонну, в нижний слой жидкости которой ударяется запыленный газовый поток и, при повороте потока в обратном направлении, частицы пыли осаждаются на поверхности воды;

– мокрые аппараты центробежного действия – запыленный газовый поток приводится во вращение направляющими лопатками или тангенциальным подводом газа в корпус аппарата, орошаемого форсунками;

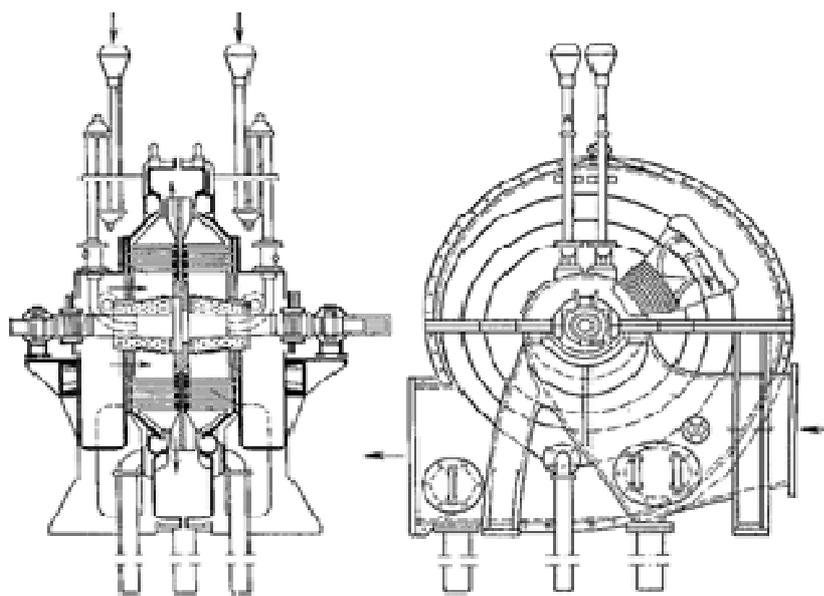
– скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури) – представляют собой трубу Вентури, движущийся в ней с высокой скоростью газовый поток дробит орошающую его жидкость на капли, на которых осаждается пыль и образуется шлам, удаляемый из аппарата.

Скрубберы Вентури являются наиболее эффективными аппаратами мокрого типа.

– динамические газопромыватели – очищаемые газы приводятся в соприкосновение с жидкостью, которая разбрызгивается вращающимся механизмом. Наибольшее распространение получили дезинтеграторы, представляющие собой мокрый пылеуловитель-вентилятор.

Одним из самых распространенных устройств для мокрой очистки газов от пыли и водяных паров является дезинтегра-тор

(рис.19).



Он состоит из одного или нескольких вращающихся в закрытом корпусе на горизонтальной оси вертикальных дисков с лопатками, которыми подаваемая через сопла к центру вода

Рис. 19. Дезинтегратор

отбрасывается благодаря центробежной силе к периферии, где отделяется от газа. Очищенный при этом газ удаляется через верхний патрубок, а вода вытекает из нижней части корпуса.

Достоинства мокрой газоочистки заключаются в следующем:

1) мокрые фильтры отличаются сравнительно небольшой стоимостью и более высокой эффективностью улавливания взвешенных частиц по сравнению с сухими механическими аппаратами;

2) некоторые типы мокрых фильтров (турбулентные газопромыватели) могут быть применены для очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм;

3) мокрые пылеуловители не только могут успешно конкурировать с такими высокоэффективными пылеуловителями, как рукавные фильтры, но и использоваться в тех случаях, когда рукавные фильтры не применяются, например, при высокой температуре и повышенной влажности газов, при опасности возгораний и взрывов очищаемых газов или улавливаемой пыли;

4) аппараты мокрой очистки газов одновременно с взвешенными частицами могут улавливать парообразные и газообразные компоненты.

Однако метод мокрой очистки имеет ряд недостатков:

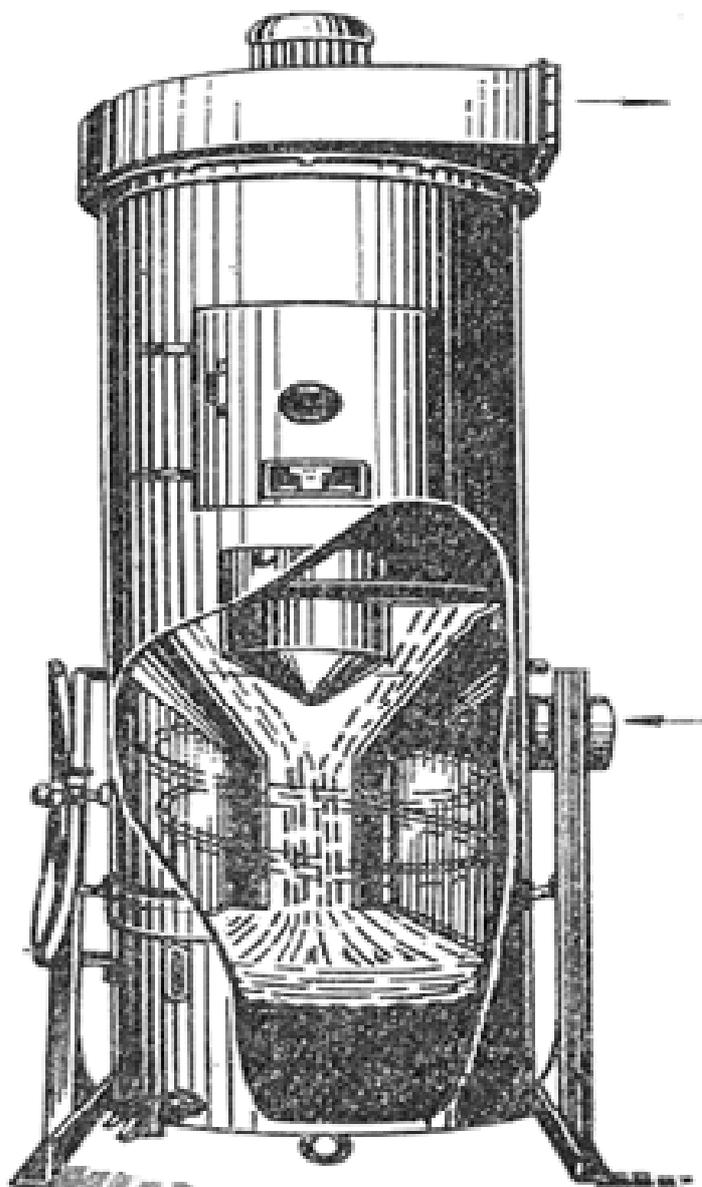
1) улавливаемый мокрыми пылеуловителями продукт выделяется в виде шлама, что связано с необходимостью обработки сточных вод и, следовательно, с удорожанием процесса очистки;

2) при охлаждении очищаемых газов до температуры, близкой к точке росы, а также при механическом уносе из газоочистного аппарата газовым потоком капель жидкости пыль может осаждаться в газопроводах, дымососах и дымовых трубах;

3) в случае очистки агрессивных газов аппаратуру и коммуникации необходимо защищать антикоррозионными материалами.

Орошаемые циклоны (центробежные скрубберы) применяют для очистки больших объемов газа. Они имеют сравнительно небольшое гидравлическое сопротивление - 400-850 Па. Для частиц размером 2-5 мкм степень очистки составляет ~50%. Центробежные скрубберы высокопроизводительны благодаря большой скорости газа; во входном патрубке  $V_r=1820$  м/с, а в сечении скруббера  $V_r = 45$  м/с.

**Центробежный скруббер** – скруббер центробежный вертикальный, батарейного типа, предназначен для мокрой очистки нетоксичных и невзрывоопасных газов от средне- и крупнодисперсной пыли в различных отраслях промышленности (рис.20).



Состоит из камеры неочищенного газа, четырех контактных циклонных элементов, шламовой камеры и камеры очищенного газа.

Каждый из контактных циклонных элементов представляет собой трубу, в верхней части которой расположен закручиватель газожидкостного потока.

В камере неочищенного газа установлена форсунка грубого распыла, обеспечивающая смыв пыли с завихрителей и орошение внутренних стенок циклонных элементов.

Рис.20 Вертикальный центробежный пылеуловитель фирмы "Якоб Хандте"

Шламовая вода отводится из аппарата через сливные патрубки в гидрозатвор. Газ через соединительные трубы поступает в камеру очищенного газа. Перед камерой неочищенного газа установлена сетка для улавливания крупных механических включений. Для периодической очистки сетки и завихрителей, а также для осмотра шламовой камеры предусмотрены люки.

**Полый скруббер типа СП (рис.21)** предназначен для охлаждения и предварительной очистки от пыли технологических и вентиляционных газов. Скруббер состоит из цилиндрического полого металлического корпуса, по высоте которого размещены три яруса

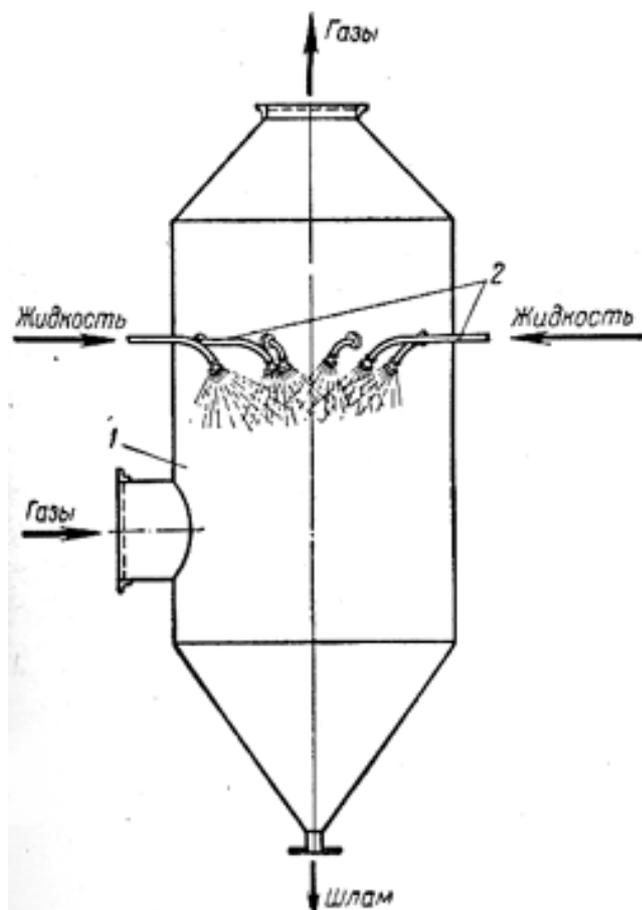


Рис.21. Полый скруббер

коллекторов орошения, входного и выходного патрубков, центробежного каплеуловителя с коническим завихрителем, штуцеров для отвода жидкости из скруббера и каплеуловителя. Скруббер орошается через три яруса коллекторов орошения.

В технологическом процессе переработки хлопка, кроме основной продукции - хлопкового волокна, получают большое количество волокнистых отходов (волоконно хлопковое регенерированное, пух хлопковый), которые ежегодно в количестве 280 - 300 тонн вывозятся на полигоны для захоронения.

Для очистки воздуха от хлопковой пыли необходимо использовать мокрые методы, которые имеют следующие достоинства:

1) мокрые фильтры отличаются сравнительно небольшой стоимостью и более высокой эффективностью улавливания взвешенных частиц по сравнению с сухими механическими аппаратами;

2) некоторые типы мокрых фильтров (турбулентные газопромыватели) могут быть применены для очистки газов от частиц размером до 0,1 мкм;

3) мокрые пылеуловители не только могут успешно конкурировать с такими высокоэффективными пылеуловителями, как рукавные фильтры, но и использоваться в тех случаях, когда рукавные фильтры не применяются, например, при высокой

температуре и повышенной влажности газов, при опасности возгораний и взрывов очищаемых газов или улавливаемой пыли;

4) аппараты мокрой очистки газов одновременно с взвешенными частицами могут улавливать парообразные и газообразные компоненты.

### **6.3.3. Характеристика хлопковой пыли**

Способы очистки воздуха от пыли. На хлопкоперерабатывающих заводах перерабатывают ежегодные урожаи хлопка-сырца, получая хлопковое волокно, хлопковый линт, посевные и технические семена.

Хлопкоперерабатывающие заводы организуют и осуществляют приемку, централизованную сушку, очистку хлопка-сырца, джинирование - отделение волокна от семян, очистку и линтерование хлопковых семян, очистку волокна от сорных и других примесей, обработку волокнистых отходов, прессование волокна, линта и волокнистых отходов в кипы, а также химическую обработку.

Заводы оснащены специальным технологическим оборудованием (сушильные агрегаты, очистительные машины для хлопка-сырца, джины, линтеры, очистители волокна, линта и хлопковых семян, сепараторы, конденсоры и др.), средствами механизации для внутрицехового и межцехового транспорта хлопка-сырца и готовой продукции (пневмотранспортные установки, винтовые и ленточные конвейеры, элеваторы и др.), машинами для переработки волокнистых отходов и гидропрессовыми установками для прессования волокна, линта и волокнистых отходов.

Общий комплекс работ превращения хлопка-сырца в готовую продукцию называется технологическим процессом первичной обработки хлопка. Он включает следующие процессы: сушку и очистку хлопка-сырца в сушильно-очистительном цехе хлопкозаготовительного пункта; подсушку и очистку хлопка-сырца от мелкого и крупного сора в очистительном цехе хлопкоперерабатывающего завода; джинирование и волокноочистку, линтерование хлопковых семян и линтоочистку; переработку волокнистых отходов; упаковку волокна, линта и волокнистых отходов в кипы в главном корпусе завода.

При осуществлении технологического процесса первичной обработки хлопка-сырца должны быть обеспечены сохранение природных физико-механических свойств хлопкового волокна и семян и выпуск их в соответствии с Государственными стандартами и без потерь. Решающим фактором в выполнении этой задачи является правильное построение процесса первичной обработки хлопка-сырца.

Технологическим процессом предусматривается использование комплекса машин, установленных по определенным схемам, и работа их согласно строго установленным режимам в зависимости от состояния и качества исходного хлопка-сырца и вырабатываемой продукции.

Основным показателем совершенства технологического процесса является общий очистительный эффект, который достигается в результате эффективной обработки хлопка на всех машинах, включенных в цепь работающего технологического оборудования.

Производство переработки хлопка является вредным для окружающей среды.

Продукты деструкции хлопка безвредны для окружающей среды. Отходы хлопка, которые образуются в результате очистки воздуха производственных помещений, целесообразно использовать для получения различных материалов.

Технологический процесс первичной обработки хлопка сопровождается значительным выделением пыли из технологических и транспортирующих машин в производственные помещения и атмосферу.

Оседая, пыль загрязняет производственные помещения и территорию завода, создает неблагоприятные условия для работы людей и оборудования.

Норма запыленности воздуха в производственных помещениях хлопкоочистительного завода - не более 10 мг/м<sup>3</sup>, а отработавшего воздуха, выбрасываемого в атмосферу, - 150 мг/м<sup>3</sup>.

Для создания нормальных санитарно-гигиенических условий производится обеспыливание производственных помещений и отдельных пылевыводящих установок. Перед выбросом отработанного запыленного воздуха в атмосферу его очищают от пыли.

Пыль, выделяющаяся из хлопка-сырца, состоит из органической и минеральной фракций. Органическая фракция представляет собой

раздробленные частицы куста или коробочек хлопчатника и массу мелких коротких волокон.

Минеральная фракция пыли состоит из земли, песка и других посторонних примесей, которые попадают в хлопок-сырец во время уборки урожая и в период его транспортировки и хранения.

В начале технологического процесса, при транспортировке и очистке хлопка-сырца от сорных примесей, из него в основном выделяется и загрязняет воздух минеральная пыль, а в конце технологического процесса, особенно при линтеровании и трамбовании, выделяется пыль органического происхождения.

В отработавшем воздухе системы пневматического транспорта хлопка-сырца пыль содержит от 10 до 20% органических и 80--90% минеральных частиц. В конце технологического процесса у линтеров при выбросе отработавшего воздуха из конденсеров содержание органической фракции пыли доходит до 80-90%.

Запыленность воздуха, отходящего от технологического оборудования, зависит от сорта, влажности и засоренности хлопка-сырца; при переработке хлопка-сырца низких сортов выделение пыли наиболее интенсивно. В табл. 11 приводится примерный состав пыли, выделяющейся с воздухом при пневматической транспортировке хлопка-сырца (III сорт ручного сбора, разновидности 108-Ф, кондиционной влажности и засоренности от 1,3 до 3,5%).

Таблица 10. Дисперсный состав пыли

Размер частиц, мкм	0-50	50-70	70-90	90-160	160-190	190-250	250-500	500-1000	>1000
Содержание в пыли частиц данной фракции, %	3	12	9	5	4	11	12	9	3

Запыленный и загрязненный воздух, отсасываемый из пылящих источников, а также воздух, отработавший в пневмотранспортных установках, должен очищаться от пыли до выброса его в атмосферу. Очистка его может быть грубой, средней и тонкой.

При грубой очистке запыленный воздух очищают от пыли размером более 100м, запыленность воздуха после такой очистки может быть более 150 мг/м<sup>3</sup>.

При средней очистке выделяют пыль размером от 10м и выше, запыленность воздуха после очистки не должна превышать 150 мг/м<sup>3</sup>. Такой воздух можно выбрасывать в атмосферу.

При тонкой очистке улавливают пыль размером менее 10м, а остаточная запыленность воздуха не должна превышать 2-3 мг/м<sup>3</sup>.

### **Вопросы к разделу 6**

1. Назовите основные компоненты и загрязнители атмосферы.
2. Назовите основные источники выделения в атмосферу оксидов серы (SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>).
3. Негативное воздействие оксидов серы на человека и окружающую среду.
4. Пути решения проблем загрязнения атмосферы оксидами серы.
5. Назовите основные источники выделения в атмосферу оксидов азота (N<sub>x</sub>O<sub>y</sub>).
6. Негативное воздействие оксидов азота на человека и окружающую среду.
7. Назовите основные источники выделения в атмосферу оксидов углерода (CO).
8. Негативное воздействие оксидов углерода (II) на человека и окружающую среду.
9. Назовите основные источники выделения в атмосферу углекислого газа – оксида углерода (CO<sub>2</sub>).
10. Негативное воздействие углекислого газа на человека и окружающую среду.
11. Какие источники являются главными продуцентами кислорода на Земле?
12. Факторы, влияющие на разрушение озонового слоя, негативные последствия «парникового эффекта».
13. Методы очистки атмосферы от CO<sub>2</sub>.
14. Методы очистки атмосферы от оксидов азота.
15. Методы очистки газов от SO<sub>2</sub>.
16. Методы очистки газов от взвешенных частиц.
17. Основные виды загрязнений в атмосферу с текстильных предприятий.
18. Методы сухой очистки газов от пыли.

19. Мокрая очистка газов от пыли.
20. Принцип работы дезинтегратора, основные недостатки мокрой очистки газов.
21. В каких случаях применяют центробежные скрубберы и в чем их преимущества?
22. Характеристика хлопковой пыли.
23. Методы, преимущественно используемые для очистки воздуха от хлопковой пыли, их достоинства.
24. Состав хлопковой пыли, токсикологическая характеристика.

## **7. Охрана литосферы**

### **7.1. Загрязнение литосферы твердыми отходами**

Литосфера - это твердая оболочка Земли.

Общая площадь суши Земли составляет 148 млн км<sup>2</sup>, из которых для обитания людей пригодны 133 млн км<sup>2</sup>.

Причиной загрязнения литосферы может быть сброс сточных вод, нефтепродуктов, выброс аэрозолей, пыли, загрязнение почвы пестицидами и т.д. Но главными видами загрязнения литосферы являются твердые бытовые и промышленные отходы.

В состав твердых бытовых отходов входят пищевые отходы, бумага, картон, стекло, текстиль, металлы, полимеры и т.д.

В состав твердых промышленных отходов входят металлы (черные и цветные), мусор, древесина, пластмассы, шлак, окалина, зола и другие.

На одного жителя в городе приходится примерно по 1 т твердых отходов в год, причем эта цифра ежегодно увеличивается.

### **7.2. Твердые бытовые отходы и их утилизация**

Основными методами обезвреживания твердых бытовых отходов являются мусоросжигательные заводы, мусороперерабатывающие заводы и санкционированные свалки.

Санкционированные свалки - это такое складирование твердых бытовых отходов, которое предусматривает долговременную переработку отходов при участии кислорода воздуха и микроорганизмов. Свалки - это наименее цивилизованный спо-

соб обезвреживания твердых бытовых отходов, так как продуктами обезвреживания являются продукты неполного распада органического вещества. В процессе гниения отходов образуются токсичные, дурнопахнущие и горючие газы (например,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  и т.д.), а также фильтрат, чрезвычайно опасный в санитарном отношении, так как количество бактерий кишечной группы в нем в 2 - 3 раза больше, чем в стоках городской канализации.

В городах под складирование бытовых отходов отводятся большие территории. Удалять отходы необходимо в короткие сроки, чтобы не допускать размножения насекомых, грызунов и предотвращать загрязнение окружающей среды.

Так, в Москве в 1990 году было зарегистрировано 150 свалок, из которых действующими были три. В результате утилизации отходов город становится чище и получает дополнительные территории, освобождаемые от свалок. Некоторые новые кварталы в Москве размещены на территории бывших свалок, поэтому необходим особенно тщательный контроль воздуха в этих районах.

Мусоросжигательные заводы являются более эффективным способом обезвреживания твердых бытовых отходов по сравнению с санкционированными свалками. Но он также оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду.

В результате сжигания отходов образуются отходящие газы, содержащие в своем составе  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , летучую золу и т.д. Если для очистки газов используется вода, то после очистки она содержит альдегиды, хлориды, сульфаты, фосфаты и т.д.

В процессе сжигания мусора также образуется шлак, состоящий из мелкозернистых несгоревших частиц органики, металла, стекла, камней и т.д., который загрязняет почву инертными материалами.

Мусоросжигательные заводы наряду с обезвреживанием твердых бытовых отходов и максимальным уменьшением их объема (до 90% от исходного мусора) сами загрязняют окружающую среду. Поэтому при их проектировании обязательно предусматривается очистка выбросов. Производительность таких заводов составляет примерно 720 т/сут при круглогодичном и круглосуточном режиме работы.

Мусороперерабатывающие заводы - это наиболее перспективный метод обезвреживания твердых бытовых отходов, причиняющий наименьший ущерб окружающей среде. Основными продуктами переработки твердых бытовых отходов является компост, находящий применение в сельском хозяйстве как удобрение, и некомпостируемый остаток (камни, глиняные черепки,

пластмассы, стекло), представляющий собой обезвреженную массу и составляющий до 30% от объема исходного мусора.

Мусороперерабатывающие заводы по переработке бытовых отходов действуют во многих городах, причем полная переработка мусора позволяет городу с населением в 1 млн человек получать до 1500т в год металла и почти 45 тыс. т в год компоста. В сельскохозяйственных районах строятся заводы по переработке старой полиэтиленовой пленки. Например, из собранной за год (более 1500т), очищенной от грязи пленки получают 1300 т труб, которые используются в мелиорации и в крупнопанельных домах.

В Японии, стране высокой бытовой культуры, налажен сбор отходов полиэтилена в специализированные контейнеры. Отходы полиэтилена затем прессуют и из них в Тихом океане создают острова для захоронения не утилизируемых в настоящее время отходов (например, ядерных отходов).



Рис.22. Принципиальная схема промышленной переработки отходов по технологии компании «Сорайн Чеккини» (Италия)

Во многих странах Европы около больших гастрономов и универмагов установлены контейнеры для банок и бутылок, которые у нас так сложно принимаются. Специалисты подсчитали, что на собранном таким образом сырье в городе с населением 0,5-1,0 млн человек может в течение года работать стекольный завод.

На рис.22 приводится схема современной промышленной переработки твердых бытовых отходов.

### **7.3.Твердые промышленные отходы и их переработка**

В результате работы промышленных предприятий происходит загрязнение почвы твердыми промышленными отходами, приводящее к выходу из строя земель, пригодных для сельского хозяйства.

Различают нетоксичные и токсичные промышленные отходы. Токсичные отходы подразделяют на четыре класса токсичности: чрезвычайно токсичные, высокотоксичные, умеренно токсичные и малотоксичные.

Основными видами твердых промышленных отходов являются шлаки тепловых электростанций и металлургических заводов, природные отвалы горнодобывающих предприятий и горнообогатительных комбинатов, строительный мусор и т.д.

Обезвреживание, утилизация и размещение отходов - это обязанность, которая возлагается на предприятия, ответственные за загрязнение окружающей среды.

Обезвреживание отходов - это удаление из них вредных примесей.

Утилизация отходов означает и обезвреживание, и одновременное извлечение из них полезных продуктов.

Размещение отходов подразумевает их складирование, или захоронение. При этом складирование - это размещение отходов на поверхности земли, а захоронение - это размещение отходов на глубине, как правило, в контейнерах.

На рис. 23 представлена схема переработки токсичных отходов, принятая в США.

Большая часть опасных отходов в США размещается или обрабатывается теми промышленными предприятиями, на которых они создаются в ходе производства (по данным Civil Engineering-ASCE, September). Прежде чем опасные отходы поместятся к местам их захоронения, треть их обрабатывается для превращения в безопасные; оставшаяся часть сжигается, сбрасывается в глубокие

скважины, захороняется в землю или повторно возвращается на производство (по данным U.S. Environmental Protection Agency).

От категории отходов зависят плата за их размещение и сам порядок размещения. Нетоксичные промышленные отходы складывают на городских свалках. Токсичные отходы подвергают обезвреживанию и захоронению на специально организованных полигонах. Вокруг участков захоронения токсичных отходов отводят санитарно-защитные зоны с радиусом не менее 3 км.



Рис.23. Практика переработки отходов

На рис. 24 приведена схема безопасного захоронения отходов, принятая в США.

Представлен разрез безопасного хранилища, построенного фирмой «Olin Chemical» для размещения отходов производства хлора и щелочи со своего завода в Чарлстоне (шт. Теннесси).

Дно камеры выстлано слоем земли и натриевой бентонитовой глины. В этом же слое предусмотрена система контроля любых утечек различных веществ из сбрасываемых отходов.

Выше этого слоя уложен еще один слой бентонита и земли. Поверх второго слоя размещена система сбора ливневых стоков с насосом. Попавшая в отходы дождевая вода собирается, откачивается и направляется в очистные установки.

Для хранилищ, предназначенных для размещения жидких органических отходов, требуется изоляция из синтетических

материалов, а не из глины, поскольку через глину в конце концов происходит утечка органических жидкостей.

Особое место среди высокотоксичных отходов занимают радиоактивные отходы, размещение которых производят в соответствии с договорами, заключаемыми с природоохранными организациями (полигонами, заводами и т.д.), занимающимися утилизацией и захоронением отработанных радиоактивных материалов.

Российский закон об охране окружающей среды запрещает ввоз в нашу страну радиоактивных отходов из других государств с целью их хранения, захоронения, затопления или отправки в космическое пространство.

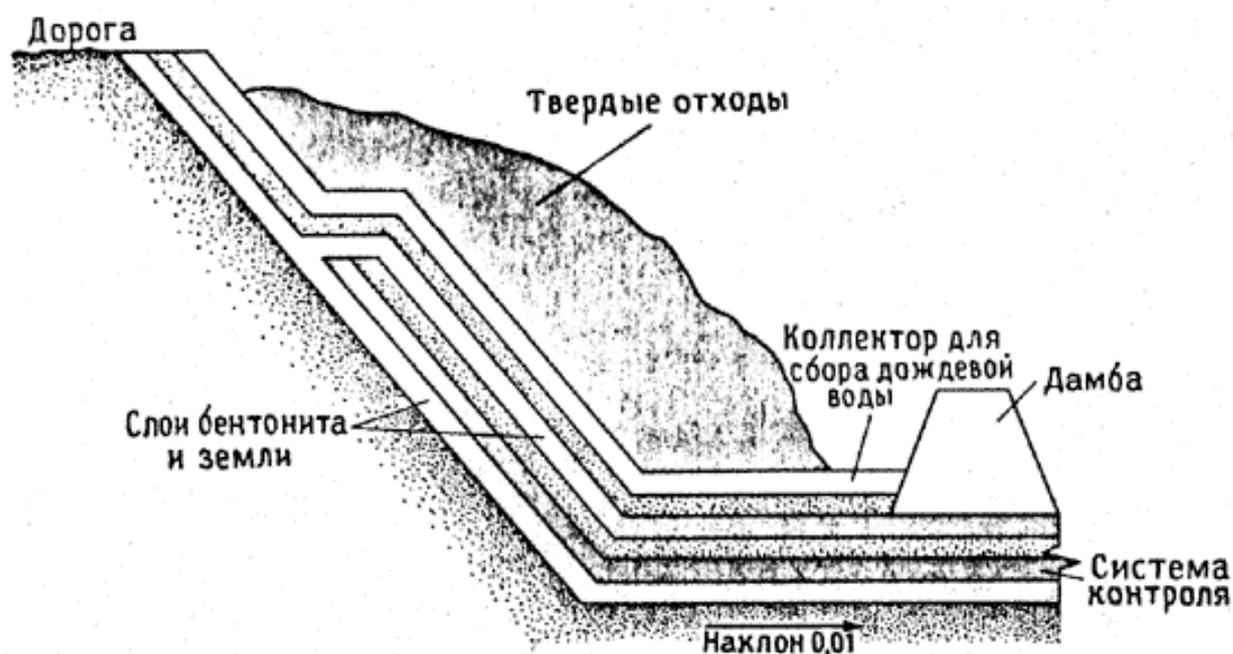


Рис.24. Схема безопасного захоронения отходов

Отходы производств могут служить исходным сырьем для различных видов промышленности. Технологические установки и производства, перерабатывающие промышленные отходы, особенно целесообразны в промышленных районах с большой потребностью в строительных материалах, изделиях и конструкциях.

Примером утилизации твердых промышленных отходов может служить метод катализируемой кристаллизации стекла на основе доменных шлаков. Таким образом получают шлакоситаллы. Их высокие физико-механические и физико-химические свойства, в первую очередь, износостойкость и химическая устойчивость, в

сочетании с декоративностью делают их ценнейшим строительным материалом.

Так, в Москве шлакоситаллы использовали при строительстве павильона «Металлургия» на Всероссийском выставочном комплексе, аэропорта Шереметьево, универмага «Москва», Центрального городского аэровокзала и т.д.

Еще одним примером утилизации твердых промышленных отходов является производство резиновой крошки и регенерата из старых шин автомобилей самых различных марок. Регенерат - это пластичный материал, частично заменяющий каучук в различных резиновых изделиях, в том числе и в новых шинах. Таким образом, груда шин на территории Чеховского регенераторного завода под Москвой - уже не свалка, а склад исходного сырья. Одним из самых крупных источников нарушения и загрязнения окружающей среды в настоящее время является горнопромышленный комплекс. Ежегодный объем извлекаемой из недр горной массы в нашей стране составляет свыше 15 млн т. При этом в хозяйственный оборот вовлекается только около трети всего минерального сырья, а на производство готовой продукции расходуется менее 7% добытых полезных ископаемых. Государство несет серьезный ущерб от потерь ценных компонентов и некомплексной переработки уже добытого сырья. Так, например, в железосодержащих шламах аглофабрик черной металлургии содержится больше железа, чем в добываемой руде.

Очевидно, что нельзя без конца наращивать и без того колоссальные потоки отходов и попутных продуктов. Вместе с тем производство стройматериалов и стройиндустрия ежегодно добывают и потребляют 3,5 млрд т нерудного сырья, большая часть которого может быть заменена отходами.

Хозяйство нашей страны, кроме того, несет огромные потери, связанные со складированием отходов. В результате только на транспортировку 1 т отходов и содержание отвалов расходуются в среднем от 15 до 80 тыс. рублей. Все развитые страны ведут разработки по совершенствованию действующих технологий с целью уменьшения количества отходов. Например, программа по экологии Нидерландов до 2000 года предусматривала уменьшение количества отходов, поступающих на сжигание, с 60 до 35%; на захоронение - с 55 до 10%.

В 1987 году Конгресс США принял поправку к закону по опасным и твердым отходам, запрещающую захоронение отходов

без их предварительной обработки по самым современным технологиям.

В нашей стране еще в 1991 году была разработана программа, предусматривающая переход на безотходные и малоотходные производства, обеспечивая при этом независимость экологической экспертизы и создание кадастра вторичных ресурсов для учета вторичного сырья. Однако этот процесс затягивается в связи с коренной перестройкой самой системы хозяйствования. Это значительно усугубляет положение с охраной литосферы на территории России и стран СНГ.

### **Вопросы к разделу 7**

1. Что входит в состав твердых бытовых и промышленных отходов?
2. Способы обезвреживания твердых бытовых отходов.
3. Опишите схему переработки токсичных отходов.
4. Что собой представляет схема безопасного захоронения отходов?
5. Назовите примеры рационального использования промышленных твердых отходов.

## **8. Рациональное природопользование**

### **8.1. Основные понятия**

Природопользование - непосредственное или косвенное воздействие человека на окружающую среду в результате всей его деятельности.

Рациональное природопользование - планомерное, научно обоснованное преобразование окружающей среды по мере совершенствования материального производства на основе комплексного использования невозобновляемых ресурсов в цикле «производство - потребление - вторичные ресурсы» при условии сохранения и воспроизводства возобновляемых природных ресурсов.

В XX веке человечество в результате научно-технической революции пришло к техническому круговороту веществ, изображенному на рис. 25.

Изучение процессов, протекающих в биосфере, и влияние на них хозяйственной деятельности человека показывает, что только создание экологически безотходных и малоотходных производств может предотвратить оскудение ресурсов и деградацию окружающей среды. Хозяйственная деятельность людей должна строиться по принципу природных экосистем, которые экономно расходуют

вещество и энергию и в которых отходы одних организмов служат средой обитания для других, т.е. осуществляется круговорот веществ.

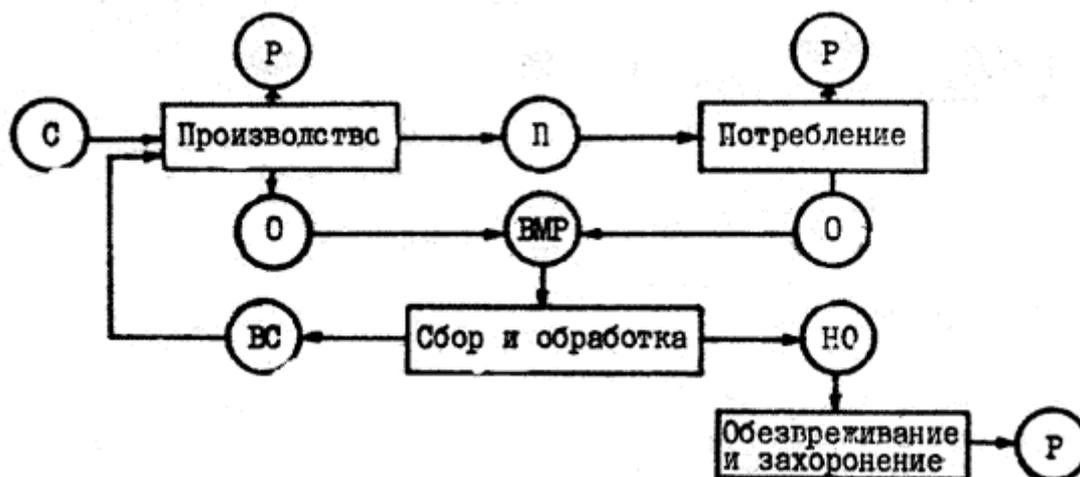


Рис.25. Техногенный круговорот вещества: С - первичное сырье; П - продукция; Р - рассеивание в окружающей среде; О - отходы; ВМР - вторичные материальные ресурсы; ВС - вторичное сырье; НО - не утилизируемые отходы

В ноябре 1979 года в Женеве было созвано совещание по сотрудничеству в области охраны окружающей среды и была принята декларация, которая гласит: «Важнейшими условиями малоотходной и безотходной технологии и использования отходов являются охрана окружающей среды и рациональное использование ресурсов».

## 8.2. Понятие безотходного производства

Термин «безотходная технология» был впервые предложен академиками Н.Н.Семеновым и И.В.Петряновым-Соколовым. В ряде стран Европы вместо терминов «безотходная технология» и «малоотходная технология» применяются термины «чистая технология» или «более чистая технология», что по существу одно и то же.

В настоящее время в соответствии с решением ЕЭК ООН и Декларацией о малоотходной и безотходной технологии и использовании отходов сформулировано понятие безотходной технологии (БОТ).

Безотходная технология - это практическое применение знаний, методов и средств с тем, чтобы в рамках потребностей человека обеспечить наиболее рациональное использование природных ресурсов и энергии и защитить окружающую среду.

Часто встречается и другое название - безотходная технологическая система (БТС).

Безотходная технологическая система - это такое отдельное производство или совокупность производств, в результате практической деятельности которых не происходит отрицательного воздействия на окружающую среду.

Понятие безотходной технологии затрагивает не только производственный процесс, но и конечную продукцию, которая должна характеризоваться:

- 1) долгим сроком службы изделий;
- 2) возможностью многократного использования;
- 3) простотой ремонта;
- 4) легкостью возвращения в производственный цикл или переведения в экологически безвредную форму после выхода из строя.

Схема безотходного производства имеет вид: «спрос - готовый продукт - сырье». Каждый этап этой схемы требует затрат энергии, а ее производство связано с потреблением природных ресурсов вне замкнутой системы. Другим препятствием для организации безотходного производства является износ материалов, их рассеивание в окружающей среде.

Понятие безотходной технологии носит условный характер. Под ним понимается теоретический предел, совершенная модель производства, которая в большинстве случаев может быть реализована не в полной мере, а лишь частично. Отсюда и появилось понятие малоотходной технологии.

Однако по мере развития научно-технического прогресса технология будет совершенствоваться и все более приближаться к идеальной модели.

Имеется немало критиков самой концепции безотходного производства. Некоторые из них утверждают, ссылаясь на второй закон термодинамики, что как энергию нельзя полностью преобразовать в работу, так и сырье невозможно полностью переработать в продукты производства и потребления. С этим никак нельзя согласиться, поскольку речь идет прежде всего о материи и об открытой системе. А материю (продукцию), в соответствии с законом сохранения вещества, всегда можно преобразовать снова в соответствующую продукцию.

Наглядными примерами служат безотходно функционирующие природные экосистемы. Имеется и другая крайность, когда все

работы, связанные с охраной окружающей среды от промышленных загрязнений, относят к безотходному и малоотходному производству.

Оценка степени безотходности производства является очень сложной задачей. Единых критериев безотходности для всех отраслей промышленности не существует.

Возможны следующие подходы для оценки степени безотходности производства:

- а) степень использования природных ресурсов;
- б) отношение выхода конечной продукции к массе поступившего сырья и полуфабрикатов;
- в) количество отходов, образующихся на единицу продукции.

Точный расчет степени безотходности производства требует ввода поправки на токсичность отходов. Невозможно, например, сопоставлять отходы содового производства ( $\text{CaCl}_2$ ) и отходы гальванических цехов, исходя только из массы отходов.

Однако на стадии проектирования для предварительного сопоставления различных технологических схем, выпускающих продукцию одного и того же вида, этот критерий вполне может быть использован.

Для учета энергетических затрат следует объединить энергоемкость продукции с ее коэффициентом безотходности, а также с коэффициентом безотходности производства электроэнергии. Только в этом случае можно получить объективный показатель безотходности производства. Это связано с тем, что масштабы загрязнения окружающей среды при производстве электроэнергии на ТЭЦ могут свести к минимуму те экологические преимущества, которых можно достичь при совершенствовании основного производства.

Примеры расчета степени безотходности производств

1. В цветной металлургии о степени безотходности судят по коэффициенту комплексности использования сырья. Во многих случаях он превышает 80%.

2. В угледобывающей промышленности применяется следующий расчет степени безотходности:

$$K = K_{\text{ТВ}} + K_{\text{В}} + K_{\text{Г}},$$

где  $K_{\text{ТВ}}$  - коэффициент использования породы, добываемой в результате горных работ;

$K_{\text{В}}$  - коэффициент использования попутно забираемой воды;

$K_{\text{Г}}$  - коэффициент использования отходов пылегазоочистки.

Коэффициент  $K_{\text{ТВ}}$  (%) рассчитывают по формуле:

$M_2$  - количество пород, выданных на поверхность и использованных для тех или иных целей.

Коэффициент  $K_B$  (%) рассчитывают по формуле:

$$K_B = \frac{(V_1 + V_2 + V_3)}{V} \cdot 100$$

где  $V$  - общий объем забираемой воды;

$V_1$  - объем воды, используемой на собственные нужды;

$V_2$  - объем воды, забираемой для сельскохозяйственных работ;

$V_3$  - объем воды, сбрасываемой после очистных сооружений.

Расчет коэффициента  $K_G$  (в %) проводят по формуле:

$$K_G = \frac{M_{ут}}{M_{об}} \cdot 100$$

где  $M_{ут}$  - количество утилизированных отходов пылегазоочистки;

$M_{об}$  - общее количество образующихся вредных веществ.

Министерство угледобывающей промышленности установило, что предприятие является безотходным (малоотходным), если  $K \geq 75\%$ .

Основным принципом создания безотходного производства является комплексное использование сырья.

Отходы производства - это часть сырья, неиспользованная или недоиспользованная по тем или иным причинам. Проблема комплексного использования сырья имеет большое значение, как с точки зрения экологии, так и с точки зрения экономики.

Необходимость более рационального комплексного использования природных ресурсов диктуется, с одной стороны, все увеличивающимся темпом роста объема промышленного производства, загрязняющего окружающую среду, а с другой - необходимостью экономного расходования природных ресурсов, так как запасы основного минерального сырья ограничены, а цены на него непрерывно растут.

Например, с 1992 года по 1994 год мировые цены почти на все сырье повысились более чем в 2 раза. В свою очередь рост цен ускоряет внедрение и разработку малоотходных и безотходных производств, поскольку расширяются пределы их рентабельности.

Источниками отходов являются:

а) примеси в сырье, т.е. компоненты, которые не используются в данном процессе для получения готового продукта;

б) неполнота протекания процесса, т.е. остаток полезного продукта в сырье;

в) протекание побочных химических реакций, приводящих к образованию неиспользуемых веществ.

Рациональное комплексное использование сырья позволяет уменьшить количество недоиспользованного сырья, увеличить ассортимент готовых продуктов, выпускать новые продукты из той части сырья, которая раньше являлась отходом производства.

Характерен пример цветной металлургии, где постоянно растет количество элементов, извлекаемых из минерального сырья. Если в 1913 году из 90 элементов, обнаруженных в литосфере, гидросфере и атмосфере, предприятиями цветной металлургии извлекались только 15 элементов, то к концу 90-х годов 85 элементов.

Из медьсодержащих руд, в состав которых входят 25 элементов, извлекают 21 элемент. Из полиметаллического сырья извлекают 18 элементов и выпускают более 40 видов товарной продукции. Доля полезных элементов, извлекаемых из природного сырья, составляет 80%.

Повышение процентного выхода продукции на каждой стадии процесса приводит к уменьшению количества отходов. Радикальным средством уменьшения количества отходов производства является изменение технологии.

Вот примеры создания принципиально новых и совершенствование действующих технологий и схем:

а) в соответствии с разработками новых наукоемких технологий в электронной промышленности производят продукцию, потребляющую значительно меньше электроэнергии (телевизоры, компьютеры и т.д.);

б) в черной металлургии разработана новая технологическая схема прямого восстановления железа, позволяющая уменьшить загрязнение окружающей среды.

Следующие примеры демонстрируют создание замкнутых водо- и газооборотных циклов:

а) на промышленном объединении «Тулачермет» организован и постоянно совершенствуется замкнутый газооборотный цикл, разработанный для производства суперфосфатных и других фосфорных удобрений, что позволяет избежать загрязнения окружающей среды фторидами;

б) Липецком металлургическом комбинате уже несколько лет действуют замкнутые водооборотные системы.

Примером создания безотходного производства является и кооперирование предприятий, и создание территориально-производственных комплексов.

В большинстве случаев отходы одного производства являются сырьем для другого производства. В связи с этим сам термин «отходы» можно заменить на термин «продукты незавершенного производства».

Следовательно, основной проблемой является изыскание возможностей применения продуктов незавершенного производства в других производствах или отраслях, которые могли бы их использовать в качестве вторичных материальных ресурсов.

Например, в Бразилии из отходов переработки сахарного тростника получают этиловый спирт, который затем используют в качестве топлива для двигателей внутреннего сгорания.

В России была проведена большая работа по систематизации отходов различных отраслей промышленности и по созданию так называемых «банков отходов». Например, в химической промышленности, металлургии, нефтехимии и т.д. такие системы уже имеются.

Наиболее благоприятные возможности для межотраслевого кооперирования складываются в условиях территориально-производственных комплексов (ТПК).

Самым эффективным типом организации производства является сочетание межрайонной специализации с внутренней кооперацией. Основные принципы создания ТПК:

а) единая производственная и социальная микроструктура, общая строительная и энергетическая база;

б) четкая специализация в масштабе страны и своего экономического района.

Главной задачей настоящего времени является создание территориально-производственных комплексов среднего масштаба

помимо ТПК крупных экономических районов страны таких, как Московского, Краснодарского, Кузбасского и т.д.

### **Вопросы к разделу 8.**

1. Что входит в понятие «рациональное природопользование»?
2. Сформулируйте понятие безотходной технологии.
3. Назовите критерии оценки степени безотходности производства.
4. Принципы создания безотходного производства.

## **9. Расчет экономических показателей природоохранных мероприятий**

### **9.1. Оценка экономической эффективности природоохранных мероприятий**

Экономическую эффективность одного варианта производства продукции по отношению к другому варианту производства этой же продукции ( $\mathcal{E}$ ) определяют по разности приведенных затрат этих вариантов производства ( $\mathcal{Z}$ ):

$$\mathcal{E} = \mathcal{Z}_1 - \mathcal{Z}_2.$$

Приведенные затраты вычисляют по формуле:

$$\mathcal{Z} = C + E_n K,$$

где  $C$  - себестоимость продукции;

$K$  - капитальные вложения в производство;

$E_n$  - нормативный коэффициент экономической эффективности капитальных вложений.

Для оценки эффективности природоохранных мероприятий применяют другой расчет.

К природоохранным мероприятиям относят все виды хозяйственной деятельности, направленные на снижение и ликвидацию отрицательного антропогенного воздействия на окружающую природную среду, сохранение, улучшение и рациональное использование природных ресурсов: строительство и эксплуатация очистных и обезвреживающих сооружений и устройств, развитие малоотходных и безотходных технологических процессов и производств, размещение предприятий и систем транспортных потоков с учетом экологических требований, рекультивация земель, меры по борьбе с эрозией почв, по охране и воспроизводству флоры и фауны, охране недр и рациональному использованию природных ресурсов.

Эффект от проведения природоохранных мероприятий складывается из эффекта, проявляемого в отрасли (сокращение потерь, утилизация отходов, снижение расхода воды и т.д.), и эффекта от уменьшения ущерба, наносимого окружающей среде. Таким образом, необходимо дополнительно ввести в расчеты величину ущерба окружающей среде ( $У$ ), который появляется на самом предприятии или в других отраслях народного хозяйства и представляет собой сумму затрат двух типов: затрат на предупреждение негативного воздействия загрязненной среды и затрат, вызываемых воздействием загрязненной среды.

Для расчета эффективности природоохранного мероприятия используют выражение:

$$\mathcal{E}=(Z_1+U_1)-(Z_2+U_2) .$$

Ущерб включает три аспекта: социальный, моральный и экономический. Во всех случаях его принято выражать в денежной форме. В дальнейшем речь будет идти об экономическом ущербе.

Экономический ущерб, наносимый окружающей среде, - это практические или возможные потери или негативные изменения в окружающей среде, вызванные ее загрязнением и выраженные в денежной форме.

Рассчитанный таким образом ущерб, наносимый окружающей среде, не является величиной абсолютно точной, но в экономике часто используют приближенные оценки.

В начале 70-х годов начали рассчитывать ущерб от загрязнения воды. За прошедшие годы в РФ и за рубежом был разработан целый ряд различных методик, позволяющих рассчитать ущерб, наносимый различным отраслям народного хозяйства.

В настоящее время различают три вида экономического ущерба, наносимого окружающей среде: фактический, возможный и предотвращенный.

Фактический ущерб ( $У_{\phi}$ ) - это фактические потери, причиняемые народному хозяйству в результате загрязнения окружающей среды.

Возможный ущерб ( $У_{в}$ ) - это ущерб народному хозяйству, который мог бы быть нанесен в случае отсутствия соответствующих природоохранных мероприятий.

Величина возможного ущерба зависит от масштабов производства и производительности общественного труда, а также от изменения структуры загрязняемого района.

Предотвращенный ущерб ( $U_{пр}$ ) - это снижение потерь, причиняемых народному хозяйству в результате введения в действие природоохранных мероприятий.

Предотвращенный ущерб по Москве в 1996 году составил 1 млрд руб.

Предотвращенный ущерб представляет собой разность между возможным ущербом и фактическим:

$$U_{пр} = U_{в} - U_{ф}.$$

Оценка ущерба, наносимого окружающей среде, состоит из нескольких этапов:

- 1) организация контроля за состоянием окружающей среды;
- 2) проведение медицинских, биологических и химических исследований с привлечением специалистов различных областей народного хозяйства;
- 3) экономическая и теоретическая оценка ущерба.

Ущерб, наносимый народному хозяйству, состоит из ряда отдельных ущербов, наносимых различным отраслям народного хозяйства и объектам:

$$U = U_{з} + U_{с/х} + U_{к} + U_{п},$$

где  $U$  - суммарный ущерб, наносимый окружающей среде, руб/год;

$U_{з}$  - ущерб, причиняемый здравоохранению, вызванный повышенной заболеваемостью населения (оплата бюллетеней, затраты на медицинские услуги, потеря работоспособности и т.д.);

$U_{с/х}$  - ущерб, причиняемый сельскому и лесному хозяйству (потери урожайности, потери продуктивности животноводства, ухудшение качества продукции лесного и сельского хозяйства, уменьшение численности рыбных стад и т.д.);

$U_{к}$  - ущерб, причиняемый коммунальному хозяйству (дополнительные затраты на содержание и ремонт жилищного, коммунального хозяйства и городского транспорта, затраты на дополнительные бытовые услуги и т.д.);

$U_{п}$  - ущерб, причиняемый промышленным объектам (дополнительные затраты на ремонт зданий и сооружений, потери сырья, топлива, частота выхода из строя производственного оборудования и т.д.).

Для определения ущерба, наносимого окружающей среде, существуют два возможных пути: прямой и эмпирический.

Прямой метод расчета требует каждый раз сбора и обработки многочисленных статистических данных. Он в принципе возможен,

но очень сложен и в силу своей трудоемкости непригоден для широкого использования в экономических расчетах.

Пример 1. Расчет ущерба, наносимого здравоохранению, прямым методом.

Суммарные затраты, вызванные одним типом заболевания ( $Y_3$ ):

$$Y_3 = Z_{л.ст} + Z_{амб} + Z_{н.д} + O_6,$$

где  $Z_{л.ст}$  - затраты на лечение в стационаре;

$Z_{амб}$  - затраты на амбулаторное лечение;

$Z_{н.д}$  - уменьшение национального дохода;

$O_6$  - оплата больничных листов.

$$Z_{л.ст} = C_1 \sum N_i P_i l_i + C_2 \sum N_i P_i$$

где  $C_1$  - затраты на койко-день;

$N_i$  - число заболевших определенной болезнью;

$P_i$  - удельный вес заболевших, нуждающихся в стационарном лечении ( $P_i = 0,154$  для ОРЗ);

$l_i$  - длительность нахождения в больнице (для каждого заболевания своя, при ОРЗ - 5 дней);

$i$  - количество заболеваний;

$C_2$  - стоимость вызова врача.

$$Z_{амб} = [bC_3 + (2-b)C_2 + C_4] \sum N_i (1-P_i),$$

где  $b$  - удельный вес заболеваний, для которых необходим вызов скорой помощи;

$C_3$  - стоимость одного вызова скорой помощи;

$C_4$  - стоимость лекарства в случае одного заболевания.

Уменьшение национального дохода:

$$Z_{н.д} = D \sum N_i l_{2i},$$

где  $D$  - уменьшение национального дохода на одного работающего за один рабочий день;

$l_{2i}$  - продолжительность болезни.

Оплата больничных листов:

$$O_6 = B \sum N_t l_{2t}$$

где  $B$  - средняя оплата одного дня по бюллетеню.

Эти расчеты с небольшими изменениями в формулах надо повторять для трех возрастных групп населения:

- дорабочий период до 19 лет;
- рабочий период 20-60 лет;

- послерабочий период 60 лет и более.

Для каждого вида заболеваний свои данные по продолжительности заболевания, свой удельный вес больных, нуждающихся в стационарном лечении, и т.д.

Вычисления ущерба прямым методом очень громоздки, хотя иногда и необходимы. Менее точными, но более простыми для использования являются эмпирические методы оценки ущерба от загрязнения окружающей среды. Для расчета ущерба, наносимого окружающей среде загрязнением атмосферы, водоемов и почвы разработаны соответствующие методики.

## **9.2. Расчет ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения атмосферы**

В настоящее время выделяют два основных метода расчета искомой величины: концентраций и валовых выбросов.

Метод концентраций (метод локальных ущербов) позволяет с большой точностью определить ущерб в промышленном районе, загрязненном сразу несколькими источниками выбросов. Основой для расчета ущерба по концентрационной методике являются удельные ущербы, наносимые различным отраслям народного хозяйства при определенном уровне загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами.

Эти величины определяют на основании эмпирических зависимостей с использованием большого числа статистических данных. Удельные ущербы показывают, какой ущерб при определенной концентрации загрязнителя наносят одной единице основных объектов народного хозяйства, попадающих в зону загрязнения.

Расчет ущерба проводят по формуле:

$$Y = \sum Y_{(X_i)} \cdot K,$$

где  $Y$  - ущерб, наносимый окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу руб./год;

$K$  - количество единиц основного расчетного элемента (1 человек - для здравоохранения и для коммунального хозяйства; 1 га - для сельского и лесного хозяйства; 1 млн руб. основных фондов - для промышленности);

$Y_{(X_i)}$  - удельный ущерб, наносимый одной единице основного расчетного элемента при уровне загрязнения  $i$ -м веществом  $X_i$ .

Пример 2. Расчет ущерба, наносимого выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, с применением методики концентраций.

На химическом предприятии в результате внедрения процесса двойного контактирования снизилось количество выбросов в атмосферу и концентрация над промышленной площадкой, сельскохозяйственными и лесными угодьями, жилыми районами.

В рассматриваемом районе можно было выделить четыре зоны с различными уровнями загрязнения воздуха.

Исходная информация для расчета ущерба представлена в табл.12.

Таблица 11. Информация для расчета ущерба

зонаЗ	Среднегодовой уровень загрязнения SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>		Численность населения, тыс. чел.	Площади с/х угодий, леса, га	Стоимость основных фондов, млн руб.
	до очистки	после очистки			
I	0,49	0,20	2	—	250
II	0,30	0,10	5	70	50
III	0,20	0,05	7	150	40
IV	0,10	—	10	200	70

По таблице 13 определяют удельные ущербы в зависимости от концентрации SO<sub>2</sub>.

Ниже приводятся расчеты ущербов (в тыс. руб./год):

$$U_{з(1)} = 520 \cdot 2 + 470 \cdot 5 + 370 \cdot 7 + 200 \cdot 10 = 7980;$$

$$U_{к(1)} = 490 \cdot 2 + 390 \cdot 5 + 240 \cdot 7 + 50 \cdot 10 = 5110;$$

$$U_{с/х(1)} = (900 \cdot 70 + 500 \cdot 150 + 200 \cdot 200) 10^{-3} = 178;$$

$$U_{п(1)} = 4,5 \cdot 250 + 3 \cdot 50 + 2 \cdot 40 + 1 \cdot 70 = 1355;$$

$$U_{(1)} = 7980 + 5110 + 178 + 1355 = 14623;$$

$$U_{з(2)} = 370 \cdot 2 + 200 \cdot 5 = 1740;$$

$$U_{к(2)} = 240 \cdot 2 + 50 \cdot 5 = 730;$$

$$U_{с/х(2)} = (200 \cdot 70 + 100 \cdot 150) 10^{-3} = 19;$$

$$U_{п(2)} = 2 \cdot 250 + 1 \cdot 50 = 550;$$

$$U_{(2)} = 1740 + 730 + 19 + 550 = 3039;$$

$$U_{пр} = U_{(1)} - U_{(2)} = 14623 - 3039 = 11584.$$

Таблица 12. Величины удельных ущербов в зависимости от концентрации SO<sub>2</sub>

Зона	Ущерб здравоохранению, руб./год		Зона	Ущерб коммунальному хозяйству, руб./год	
	до очистки	после очистки		до очистки	после очистки
I	520	370	I	490	240
II	470	200	II	390	50
III	370	нет	III	240	нет
IV	200	нет	IV	50	нет
Зона	Ущерб сельскому хозяйству, руб./год		Зона	Ущерб промышленности, тыс. руб./год	
	до очистки	после очистки		до очистки	после очистки
I	—	—	I	4.5	2
II	900	200	II	3	1
III	500	100	III	2	нет
IV	200	нет	I	1	нет

Из приведенного примера видно, что наиболее существенно при введении природоохранных мероприятий снижаются величины ущербов, наносимые здравоохранению и сельскому хозяйству. Отсюда ясно, что любые природоохранные мероприятия в первую очередь направлены на улучшение здоровья человека.

Рассмотренная концентрационная методика расчета ущерба, наносимого атмосфере выбросами вредных веществ, является достаточно точной и находит применение, однако имеет существенные недостатки.

При использовании этой методики расчета ущерба трудно определить вклад отдельных предприятий (источников выбросов) в суммарный ущерб, наносимый территории загрязнения. Кроме того, подобный расчет требует наличия средств регулярного контроля за уровнем загрязнения рассматриваемой территории. Что касается удельных ущербов, то в настоящее время они определены не для всех загрязняющих веществ.

Наибольшее применение находят методики укрупненной оценки ущерба, среди которых наиболее распространенной является

методика валовых выбросов, разработанная Президиумом Академии наук СССР в 1983 году.

Ущерб, причиняемый окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу (согласно методике укрупненного расчета ущерба с учетом валовых выбросов), для всякого источника выбросов определяют по формуле:

$$Y = \gamma \sigma f M,$$

где  $Y$  - ущерб, наносимый окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, руб./год;

$\gamma = 2,4$  руб./усл.т - удельный ущерб, наносимый народному хозяйству выбросом в атмосферу одной условной тонны загрязняющих веществ;

$\sigma$  - безразмерный показатель относительной опасности загрязнения атмосферы над загрязняемой территорией.

Если зона активного загрязнения (ЗАЗ) неоднородна и состоит из территорий различных типов, то

$$\sigma = \frac{1}{S_{\text{ЗАЗ}}} \sum \sigma_{(i)} \cdot S_{(i)},$$

где  $S_{\text{ЗАЗ}}$  - общая площадь зоны активного загрязнения, м<sup>2</sup>;

$S_{(i)}$  - площадь однотипной части загрязнения, м<sup>2</sup>;

$\sigma_{(i)}$  - относительная опасность загрязнения атмосферы над территорией данного типа.

Значения  $\sigma_{(i)}$  для территорий различного типа представлены в приложении 1.

Форму и площадь зоны активного загрязнения (ЗАЗ) определяют с учетом специфических особенностей источника и высоты выброса:

а) для организованных выбросов при высоте трубы источника выбросов  $H < 10$  м зоной активного загрязнения считают круг с радиусом  $50 \cdot H$ . В этом случае  $S_{\text{ЗАЗ}} = \pi r^2 = 78850 \cdot H^2$ ;

б) для организованных выбросов при высоте трубы источника выбросов  $H > 10$  м зоной активного загрязнения считают кольцо, ограниченное двумя радиусами, величины которых вычисляют по формулам:

$$T_{\text{внут}} = 2\varphi H;$$

$$T_{\text{внеш}} = 20\varphi H,$$

где  $\varphi$  - поправка на подъем факела выбросов в атмосферу.

Для расчета величины  $\varphi$  используют выражение:

$$\varphi = 1 + \Delta T / 75,$$

где  $\Delta T$  - среднегодовое значение разности температур атмосферы и выбрасываемых газов в устье трубы, °С.

Площадь зоны активного загрязнения в этом случае можно рассчитать по формуле:

$$S_{\text{зав}} = 1234,4 \varphi^2 H^2.$$

в) низкие неорганизованные источники выбросов (склады, вентиляторы, окна промышленных зданий, карьеры, свалки) имеют зону активного загрязнения, ограниченную замкнутой кривой, отстоящей от ближайшей точки границы источника выбросов на расстоянии 1 км.

г) зона активного загрязнения высоких неорганизованных источников (терриконов и т.д.) с высотой  $H$  расположена на территории, ограниченной замкнутой кривой, расстояние от любой точки которой до ближайшей точки границы источника выбросов равно  $20H$ .

Поправку  $f$ , учитывающую характер рассеивания примесей в атмосфере, рассчитывают в зависимости от размеров частиц загрязнителя следующим образом:

а) для газов и мелкодисперсных частиц, оседающих со скоростью  $< 1$  см/с,

$$f = \left( \frac{100}{100 + \varphi H} \right) \left( \frac{4}{1 + U} \right),$$

где  $U$  - среднегодовое значение скорости ветра.

Если величина  $U$  неизвестна, то ее принимают равной 3 м/с.

Если скорость оседания частиц неизвестна, то считают, что она меньше 1 см/с при эффективности очистки от пыли  $\eta > 90\%$ .

б) для частиц, оседающих со скоростью 1-20 см/с,

$$f = \sqrt{\frac{1000}{60 + \varphi H} \left( \frac{4}{1 + U} \right)}.$$

Если скорость оседания частиц неизвестна, то считают, что ее значение лежит в интервале 1-20 см/с при эффективности очистки от пыли  $70\% < \eta < 90\%$ ;

в) для частиц, оседающих со скоростью выше 20 см/с величина  $f = 10$ .

Если скорость оседания частиц неизвестна, то считают, что она  $> 20$  см/с при эффективности очистки от пыли  $h < 70\%$ .

Если значения  $f$  для различных примесей оказываются различными, то общая оценка ущерба, наносимого окружающей среде выбросами вредных веществ в атмосферу, равна сумме оценок, относящихся к каждому типу примесей.

Величина  $M$  - приведенная годовая масса выброса загрязняющих веществ в атмосферу из источника выбросов, усл.т/год. Ее вычисляют по формуле:

$$M = \sum A_{(i)} \cdot m_{(i)},$$

где  $m_{(i)}$  - годовая масса выброса в атмосферу одного вида загрязняющих веществ, усл.т/т;

$A_{(i)}$  - показатель относительной агрессивности примеси  $i$ -го вида, усл.т/т.

Для определения  $A_{(i)}$  используют выражение:

$$A_{(i)} = a_{(i)} \cdot \alpha_{(i)} \cdot \beta_{(i)} \cdot \delta_{(i)} \cdot \lambda_{(i)},$$

где  $a_{(i)}$  - поправка, характеризующая относительную опасность присутствия примеси в воздухе, вдыхаемом человеком;

$\alpha_{(i)}$  - поправка, учитывающая вероятность накопления исходной примеси или вторичных загрязнителей в компонентах окружающей среды и в трофических цепях, а также учитывающая возможность поступления примеси в организм человека неингаляционным путем;

$\beta_{(i)}$  - поправка на вероятность образования из исходных примесей, выброшенных в атмосферу, вторичных загрязнителей, более опасных, чем исходные (для легких углеводородов);

$\delta_{(i)}$  - поправка, характеризующая вредное воздействие примеси на остальных реципиентов (кроме человека);

$\lambda_{(i)}$  - поправка на вероятность вторичного выброса примесей в атмосферу после их оседания на поверхность (для пылей).

Показатель  $a_{(i)}$  задает уровень опасности  $i$ -го вещества для человека по отношению к уровню опасности оксида углерода (II). Его вычисляют по формуле:

$$a(i) = \sqrt{\frac{\text{ПДК}_{\text{cc}}(\text{CO}) \cdot \text{ПДК}_{\text{рз}}(\text{CO})}{\text{ПДК}_{\text{cc}(i)} \cdot \text{ПДК}_{\text{рз}(i)}}} \cdot \sqrt{\frac{60 (\text{мг}^2/\text{м}^6)}{\text{ПДК}_{\text{cc}(i)} \cdot \text{ПДК}_{\text{рз}(i)}}}$$

Среднесуточные предельно допустимые концентрации  $i$ -х веществ -  $\text{ПДК}_{\text{cc}(i)}$  и предельно допустимые концентрации в рабочей зоне  $i$ -х веществ -  $\text{ПДК}_{\text{рз}(i)}$  приведены в справочниках. При отсутствии утвержденных значений допускается использование для атмосферного воздуха населенных мест вместо  $\text{ПДК}_{\text{cc}(i)}$  максимально разовых предельно допустимых концентраций  $\text{ПДК}_{\text{мр}(i)}$  или расчетных значений временно допустимых концентраций  $\text{ВДК}_{(i)}$ , а для воздуха рабочей зоны вместо  $\text{ПДК}_{\text{рз}(i)}$  показателя ориентировочно безопасного уровня воздействия в рабочей зоне  $\text{ОБУВ}_{\text{рз}(i)}$ .

Значения поправки  $\alpha_{(i)}$  принимают равными:

$\alpha_{(i)} = 5$  для токсичных металлов и их оксидов - ванадия, марганца, кобальта, никеля, хрома, цинка, мышьяка, серебра, кадмия, сурьмы, олова, платины, ртути, свинца, урана;

$\alpha_{(i)} = 2$  для прочих металлов и их оксидов - натрия, магния, калия, кальция, железа, стронция, молибдена, бария, вольфрама, висмута, для кремния, бериллия, а также для других компонентов твердых аэрозолей, для полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в том числе для 3,4-бенз(а)пирена;

$\alpha_{(i)} = 1$  для всех прочих выбрасываемых в атмосферу загрязнителей - газов, кислот и щелочей в аэрозолях и т.д.

Поправка  $\beta_{(i)}$  принимает значения:

$\beta_{(i)} = 5$  для нетоксичных летучих углеводородов - низкомолекулярных парафинов и олефинов при поступлении их в атмосферу южнее  $45^\circ$  с.ш.;

$\beta_{(i)} = 2$  для тех же веществ, при поступлении их в атмосферу севернее  $45^\circ$  с.ш.;

$\beta_{(i)} = 1$  для прочих веществ.

Поправку  $\delta_{(i)}$  принимают равной:

$\delta_{(i)} = 2$  для выбрасываемых и испаряющихся в атмосферный воздух легко диссоциирующих кислот и щелочей (фтористого водорода, соляной и серной кислот и др.);

$\delta_{(i)} = 1,5$  для сернистого газа, оксидов азота, сероводорода, сероуглерода, озона, хорошо растворимых неорганических соединений фтора;

$\delta_{(i)} = 1,2$  для органических пылей, содержащих ПАУ и другие опасные соединения, для токсичных металлов и их оксидов, реакционноспособной органики (альдегидов и т.п.), аммиака, неорганических соединений кремния, плохо растворимых соединений фтора, оксида углерода, легких углеводородов;

$\delta_{(i)} = 1$  для прочих соединений и примесей (для органических пылей, содержащих ПАУ, а также для нетоксичных металлов и их оксидов - натрия, магния, калия, кальция, железа, стронция, молибдена, бария, вольфрама, висмута и др.).

Поправка  $\lambda_{(i)}$  принимает значения:

$\lambda_{(i)} = 1,2$  для твердых аэрозолей (пылей), выбрасываемых на территориях со среднегодовым количеством осадков менее 400 мм в год;

$\lambda_{(i)} = 1$  во всех остальных случаях.

Зачения величины  $A_{(i)}$  для некоторых наиболее распространенных видов пылей сложного состава представлены в приложении 2.

Пример 3. Расчет ущерба, наносимого окружающей среде выбросами вредных веществ в атмосферу, с применением укрупненной методики валовых выбросов.

Сравним два варианта системы электрофильтров на проектируемой ТЭС, работающей на донецком угле в зоне южнее  $50^\circ$  северной широты со среднегодовым количеством осадков менее 400мм/год. Роза ветров относительно близка к круговой.

Среднегодовое значение модуля скорости ветра на уровне флюгера (U) составляет 4 м/с. Год начала эксплуатации - 1986 ( $\gamma = 2,4$  руб./усл.т). На ТЭС будут работать четыре генератора, имеющих мощности по 300 мВт каждый. По варианту 1 на ТЭС будет установлен трехпольный электрофильтр ( $\eta = 86,7\%$ ), по варианту 2 - четырехпольный ( $\eta = 98\%$ ).

Высота источника выброса загрязняющих веществ в атмосферу H составляет 250 м. Массы годового поступления пыли в атмосферу от неорганических источников (зона выгрузки угля и т.п.) незначительны, для двух сравниваемых вариантов одинаковы, поэтому их в расчетах не учитывают.

Среднегодовое значение разности температур атмосферы и газовых выбросов в устье трубы ( $\Delta T$ ) составляет  $150^\circ\text{C}$ . Исходная информация по двум вариантам выбросов представлена в табл. 14. Зона активного загрязнения состоит из четырех типов территории:

- 10%  $S_{\text{ЗАЗ}}$  - поселок с плотностью населения 20 чел./га,  $\sigma_1 = 2$ ;
- 30%  $S_{\text{ЗАЗ}}$  - пашни, орошаемые,  $\sigma_2 = 0,5$ ;
- 40%  $S_{\text{ЗАЗ}}$  - пашни, неорошаемые,  $\sigma_3 = 0,25$ ;
- 20%  $S_{\text{ЗАЗ}}$  - сельскохозяйственные угодья,  $\sigma_4 = 0,05$ .

Поскольку в условии дано отношение  $S_{(i)}$  к  $S_{\text{ЗАЗ}}$  для территорий различных типов, то нет необходимости рассчитывать  $S_{\text{ЗАЗ}}$ .

$$\Phi = 1 + \frac{\Delta T}{75} = 1 + \frac{150}{75} = 3$$

$$\frac{\sum S_{(i)} \sigma_{(i)}}{S_{\text{ЗАЗ}}} = 0,1 \cdot 2 + 0,3 \cdot 0,5 + 0,4 \cdot 0,25 + 0,2 \cdot 0,05 = 0,46$$

Затем определяют f - поправки на рассеивание.

При установке трехпольных фильтров  $\eta = 86,7\%$ . Для четырехпольных фильтров  $\eta = 98\%$ .

При этом:

$$\Phi = 1 + \frac{\Delta T}{75} = 1 + \frac{150}{75} = 3$$

Таблица 13. Исходная информация по выбросам

Выбрасываемая примесь	A <sub>i</sub> , усл. т/т	Вариант 1(η = 6,7%)		Вариант 2 (η = 98%)	
		Масса m <sub>i</sub> , т/год	Привед. масса M <sub>i</sub> , усл. т/год	Масса m <sub>i</sub> , т/год	Привед. масса M <sub>i</sub> , усл. т/год
Уголь					
Донецкого бассейна	84	38000	3192000	5950	499800
Пыль угольная	48	2000	96000	50	2400
3,4 бенз(а)пирен	12,6·10 <sup>5</sup>	0,02	25000	0,01	12600
Итого по пыли		40000	3313200	6000	514800
Газы:					
SO <sub>2</sub>	16,5	120000	1980000	120000	1980000
SO <sub>3</sub>	49	10000	490000	10000	490000
NO <sub>x</sub>	41,1	30000	1233000	30000	1233000
CO	1,0	4000	4000	4000	4000
Легкие углеводороды	1,26	2000	2520	2000	2520
Итого по газам		166000	3709520	166000	3709520

Для пыли (вариант 1)

$$F_1 = \sqrt{\frac{1000}{60 + \varphi \cdot H} \frac{4}{1 + U}} = \sqrt{\frac{1000}{60 + 3 \cdot 250} \frac{4}{1 + 4}} = 0,89$$

Для газов и для пыли (вариант 2)

$$F_2 = \frac{100}{100 + \varphi \cdot H} \frac{4}{1 + U} = \frac{100}{100 + 3 \cdot 250} \frac{4}{1 + 4} = 0,096$$

Для варианта 1

$$U_1 = 10 \cdot 2,4 \cdot 0,46 \cdot (0,89 \cdot 3313200 + 0,096 \cdot 3709520) = 36486 \text{ тыс.руб./год.}$$

Для варианта 2

$$U_2 = 10 \cdot 2,4 \cdot 0,46 \cdot 0,096 \cdot (514800 + 3709520) = 4477 \text{ тыс.руб./год.}$$

$$U_{\text{пр}} = U_1 - U_2 = 36486 - 4477 = 32009 \text{ тыс.руб./год.}$$

Наряду с рассмотренной методикой расчета, рекомендованной Президиумом Академии наук СССР, существуют и другие методики расчета, также основанные на

использовании укрупненных оценок результатов воздействия различных загрязнителей на окружающую среду.

Согласно методике усредненной оценки ущерба, наносимого окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, ущерб рассчитывают по формуле:

$$Y = \gamma \cdot d \cdot \sigma \cdot \frac{\sum m_{(i)} \cdot A_{(i)}}{R}$$

где  $Y$  - ущерб, наносимый окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, руб./год;

$\gamma$  - константа, с помощью которой балльная оценка ущерба переводится в экономическую (стоимостную):

$$\gamma = 2,4 \text{ руб.} \cdot \text{м}^2 / (\text{усл.т.с});$$

$d$  - безразмерная величина, учитывающая климатические особенности, её значение выбирают в зависимости от географического района: Средняя Азия, Закавказье, Крым, Северный Кавказ, Южный Казахстан - 1,4; Нижнее Поволжье, Молдова, Украина - 1,2; прочие территории, расположенные южнее 65° с.ш. - 1,0; прочие территории, расположенные севернее 65° с.ш., - 0,7;

$\sigma$  - безразмерный коэффициент, учитывающий факторы восприятия, его значения для территорий различных типов представлены в табл.15

Таблица 14. Коэффициент  $\sigma$ , учитывающий территориальный фактор

Территориальная принадлежность	$\sigma$
Территории курортов, санаториев, заповедников	8,0
Жилые районы с высотной застройкой (9 этажей и более)	6,0
Территории крупных промышленных узлов с плотно расположенными производственными зданиями, подъездными путями	4,0
Жилые районы городов, включая парки и дороги с застройкой:	
высотной	4,0
пятиэтажной	3,0
двухэтажной	1,5
одноэтажной	1,0
Сельская местность с плотностью населения 1 чел./га	0,8
Леса	0,2 - 0,025
Пашни, зоны южнее 50° с.ш.	0,25
Центрально-черноземный район, Южная Сибирь	0,15
Пастбища, сенокосы	0,025

Для орошаемых земель значения  $\sigma$  удваивают;

$m_{(i)}$  - масса годового выброса  $i$ -й примеси, т/год;

$A_{(i)}$  - показатель относительной агрессивности  $i$ -й примеси (усл.т/т), его значение связано с ПДК<sub>сс(i)</sub> следующим образом:

$$A_{(i)} = 1 / \text{ПДК}_{\text{сс}(i)},$$

$R$  - коэффициент разбавления выбросов из данного источника, м<sup>2</sup>/с, его рассчитывают по формуле

$$R = \frac{U}{2,5} (f_0 H + 20),$$

где  $U$  - среднегодовое значение модуля скорости ветра (м/с), если сведения о величине  $U$  отсутствуют, то ее принимают равной 2,5 м/с;

$f_0$  - безразмерная константа, учитывающая  $\Delta T$  - среднегодовое значение разности температур между окружающей средой и газами, ее значение выбирают исходя из условий:

Таблица 15. Константа  $f_0$ , учитывающая среднегодовую разность температур между газами и окружающей средой

Вид выбросов в зависимости от температуры	$f_0$
Холодные выбросы ( $\Delta T < 10^\circ\text{C}$ )	1,0
Теплые выбросы ( $\Delta T$ в интервале 10 - 100 $^\circ\text{C}$ )	1,5
Горячие выбросы ( $\Delta T > 100^\circ\text{C}$ )	2,0

$H$  - высота источника выброса, м.

Пример 4. Расчет ущерба, наносимого окружающей среде выбросами вредных веществ в атмосферу, с применением усредненной методики валовых выбросов.

Какова величина ущерба, наносимого выбросами в атмосферу толуола и аммиака ( $\Delta T < 10^\circ\text{C}$ ) из цеха печати с помощью гравированных валов, расположенного на территории жилого массива с высотной застройкой южнее 65° с.ш., если средняя масса годового выброса толуола равна 70 т, аммиака - 1 т, а высота источника выброса равна 2 м?

$$A_{(i)} = \frac{1}{\text{ПДК}_{\text{сс}(i)}},$$

$$\text{ПДК}_{\text{сс}}(\text{толуол}) = 0,6 \text{ мг/м}^3;$$

$$\text{ПДК}_{\text{сс}}(\text{аммиак}) = 0,04 \text{ мг/м}^3;$$

$$A_{(\text{толуол})} = 1/0,6 = 1,667 \text{ усл.т/т};$$

$$A_{(\text{аммиак})} = 1/0,04 = 25 \text{ усл.т/т}; \quad R = \frac{U}{2,5} (f_0 H + 20) = 22 \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\sum m_{(i)} A_{(i)}$$

$$Y = \gamma d \sigma \quad R \quad ;$$

$$Y_{(\text{толуол})} = 102,4 \cdot 1,6 \cdot 70 \cdot 1,667 / 22 = 763,79 \text{ руб./год};$$

$$Y_{(\text{аммиак})} = 10 \cdot 2,4 \cdot 1,6 \cdot 1,25 / 22 = 163,64 \text{ руб./год};$$

$$Y = 763,79 + 163,64 = 927,43 \text{ руб./год}.$$

### 9.3. Укрупненная оценка ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения водоемов

Промышленное загрязнение водного бассейна является результатом сброса в водоемы сточных вод, содержащих вредные вещества.

Для оценки ущерба, наносимого окружающей среде сбросами вредных веществ в водоемы, могут быть использованы прямой и расчетный методы.

Прямой метод ввиду большой трудоемкости не может быть рекомендован для широкого использования. Наиболее используемой методикой оценки ущерба, наносимого окружающей среде сбросами загрязняющих веществ в водоемы, является методика, согласно которой общая величина ущерба от загрязнения водоема определяется в соответствии с выражением:

$$Y = \gamma \sigma_k M,$$

где  $Y$  - ущерб, наносимый окружающей среде сбросами в водоемы вредных веществ, руб.;

$\gamma$  - удельный ущерб, причиняемый народному хозяйству сбросом в водоемы одной условной тонны загрязняющих веществ,

$$\gamma = 400 \text{ руб./усл.т};$$

$\sigma_k$  - показатель относительной опасности загрязнения водоема или его участка. Значения  $\sigma_k$  для различных водохозяйственных участков приведены в приложении 3;

$M$  - приведенная масса сбрасываемых в водоемы веществ усл.т/год.

Приведенная годовая масса загрязняющих веществ может быть рассчитана по формуле

$$M = \sum A_{(i)} m_{(i)},$$

где  $A_{(i)}$  - показатель относительной опасности сброса в водоем  $i$ -го вещества, усл.т/т;

$m_{(i)}$  - масса годового сброса в водоем  $i$ -го вещества, т.

Значение  $A_{(i)}$  связано с величиной ПДК<sub>вр (i)}</sub> соотношением

$$A_{(i)} = \frac{1}{\text{ПДК}_{\text{вр}(i)}} ,$$

где  $\text{ПДК}_{\text{вр}(i)}$  - предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязнителя в воде рыбохозяйственных объектов, мг/л.

При отсутствии утвержденных значений  $\text{ПДК}_{\text{вр}}$  можно воспользоваться предельно допустимыми концентрациями  $i$ -го загрязнителя в воде хозяйственно-питьевого и культурно-бытового значения -  $\text{ПДК}_в$  (мг/л) или расчетным значением временно допустимой концентрации -  $\text{ВДК}_в$  (мг/л).

Величина  $\text{ПДК}_в$  представлены в приложении 4.

Количество поступающего в водохозяйственный участок  $i$ -го загрязнителя зависит от объема годового сброса сточных вод источниками загрязнения и от концентрации  $i$ -го загрязнителя в источниках загрязнения:

$$m_{(i)} = \sum c_{(i)(j)} V_{(i)(j)} ,$$

где  $c_{(i)(j)}$  - концентрация  $i$ -го загрязнителя в  $j$ -м источнике загрязнения, г/м<sup>3</sup>;

$V_{(i)(j)}$  - годовой сброс  $i$ -го загрязнителя  $j$ -м источником загрязнения, м<sup>3</sup>.

Пример 5. Расчет ущерба, наносимого окружающей среде сбросами вредных веществ в водоемы, с применением методики укрупненного расчета.

Как изменится величина ущерба окружающей среде после строительства очистных сооружений в устье Иртыша в месте сброса сточных вод двух предприятий (водохозяйственный участок № 36,  $\sigma_k=1$ )?

Объемы сточных вод предприятий и их характеристика представлены в табл. 17.

Таблица 16 Характеристика сточных вод

Название	$A_{(i)}$ , усл. т/т	Концентрация в сточных водах, мг/м <sup>3</sup>			
		$V_1 = 40 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$		$V_2 = 10 \times 10^6 \text{ м}^3/\text{год}$	
		до очистки	после очистки	до очистки	после очистки
Взвеш. вещества	0,05	300	100	200	100
ПАВ	2	7	3	4	2
Хлориды	0,003	40	15	-	-
Сульфаты	0,002	50	20	150	30
Фенолы	1000	-	-	0,1	0,01
Нефть и нефтепрод.	20	1	0,2	-	-

Ниже приводятся расчеты  $M$  усл.т и  $U$  тыс.руб.

Взвешенные вещества:

до очистки  $M = (300 \cdot 40 \cdot 10^6 + 200 \cdot 10 \cdot 10^6) 10^{-6} \cdot 0,05 = 700$ ;

после очистки  $M = 100(40 \cdot 10^6 + 10 \cdot 10^6) 10^{-6} \cdot 0,05 = 250$ .

ПАВ:

до очистки  $M = (7 \cdot 40 \cdot 10^6 + 4 \cdot 10 \cdot 10^6) 10^{-6} \cdot 2 = 640$ ;

после очистки  $M = (3 \cdot 40 \cdot 10^6 + 2 \cdot 10 \cdot 10^6) 10^{-6} \cdot 2 = 280$ .

Хлориды:

до очистки  $M = 40 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,003 = 4,8$ ;

после очистки  $M = 15 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot 0,003 = 1,8$ .

Сульфаты:

до очистки  $M = (50 \cdot 40 \cdot 10^6 + 150 \cdot 10 \cdot 10^6) 10^{-6} \cdot 0,002 = 7$ ;

после очистки  $M = (20 \cdot 40 \cdot 10^6 + 30 \cdot 10 \cdot 10^6) 10^{-6} \cdot 0,002 = 2,2$ .

Фенолы:

до очистки  $M = 0,1 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 1000$ ;

после очистки  $M = 0,01 \cdot 10 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 100$ .

Нефть и нефтепродукты:

до очистки  $M = 1 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 800$ ;

после очистки  $M = 0,2 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} \cdot 20 = 160$ .

$M_1 = 700 + 640 + 4,8 + 7 + 1000 + 800 = 3151,8$ ;

$M_2 = 250 + 280 + 1,8 + 2,2 + 100 + 160 = 794$ ;

$U_1 = 10 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 3151,8 = 12607,2$ ;

$U_2 = 10 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 794 = 3176$ ;

$U_{пр} = 12607,2 - 3176 = 9431,2$ .

В ряде случаев используют величины удельных ущербов, причиняемых сбросом 1 т  $i$ -й примеси в  $k$ -й водохозяйственный участок -  $U_{k(i)}$  руб./т, или величины удельных ущербов, причиняемых сбросом 1 м<sup>3</sup> приведенного объема сточных вод в  $k$ -й водохозяйственный участок -  $\Delta_{k(i)}$  руб./м<sup>3</sup>.

Общую величину ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения водоемов, определяют, соответственно, по формулам:

$$y = \sum U_{k(i)} m_{(i)} ;$$
$$y = \sum \Delta_{k(i)} \Pi_{(i)} ,$$

где  $m_{(i)}$  - общая масса годового сброса  $i$ -й примеси различными источниками загрязнения в  $k$ -й водохозяйственный участок, т;

$\Pi_{q(i)}$  - общий годовой приведенный объем сточных вод, содержащий  $i$ -й загрязнитель и сбрасываемый в  $k$ -й водохозяйственный участок, м<sup>3</sup>.

Рассчитывают  $\Pi_{q(i)}$  по формуле:

$$P_g(t) = \sum \frac{(c_{(i)} - \text{ПДК}_{(i)})}{\text{ПДК}_{(i)}} V_g$$

где  $c_{(i)}$  - концентрация  $i$ -го загрязнителя в сточных водах, мг/л;  
 $\text{ПДК}_{(i)}$  - предельно допустимая концентрация  $i$ -го загрязнителя в сточных водах, мг/л;

$V_g$  - сбрасываемый объем сточных вод, м<sup>3</sup>.

Пример 6. Расчет ущерба, наносимого окружающей среде сбросами вредных веществ в водоемы, с применением удельных ущербов.

Как изменится величина ущерба окружающей среде после строительства очистных сооружений?

Характеристики сточных вод представлены в табл. 18.

Таблица 17. Характеристика сточных вод

Вид примеси, сбрасываемой в водоем	Общая годовая масса сброса $m_{(i)}$ , т		Удельный ущерб $U_{k(i)}$ , руб./т
	до очистки	после очистки	
Взвешенные вещества	2125	170	253
БПК	42,5	21,3	33
Сульфаты	637,5	637,5	25
Хлориды	42,5	42,5	9
Нефтепродукты	21,3	4,3	2016

Ниже приводятся расчеты ущерба, руб.

$$U_1 = 10(2125 \cdot 253 + 42,5 \cdot 33 + 637,5 \cdot 25 + 42,5 \cdot 9 + 21,3 \cdot 2016) = 5982;$$

$$U_2 = 10(170 \cdot 253 + 21,3 \cdot 33 + 637,5 \cdot 25 + 42,5 \cdot 9 + 4,3 \cdot 2016) = 687;$$

$$U_{\text{пр}} = 5982 - 687 = 5295.$$

#### 9.4. Расчет ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения поверхности Земли

Укрупненную оценку ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения поверхности Земли твердыми отходами, проводят в соответствии с выражением:

$$U = U_{\text{п}} m ,$$

где  $U$  - ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения поверхности Земли твердыми отходами, руб.;

$m$  - масса твердых отходов, т/год;

$U_n$  - удельный ущерб от поступления в окружающую среду 1 тонны твердых отходов, руб./т.

Удельный ущерб от поступления в окружающую среду твердых отходов производства и потребления (без учета вторичного загрязнения) может быть выражен через затраты на удаление, обезвреживание и захоронение твердых отходов, а также через стоимость отчуждаемой для этих целей земли и затраты на ее санитарно-гигиеническую рекультивацию:

$$U_n = U_{уд} + U_T,$$

где  $U_{уд}$  - затраты на удаление, обезвреживание и захоронение 1 т твердых отходов, руб./т;

$U_T$  - ущерб, наносимый народному хозяйству изъятием территории под складирование, создание отвалов, захоронение 1 т твердых отходов с последующей их санитарно-гигиенической рекультивацией, руб./т.

Для расчета  $U_{уд}$  используют выражение:

$$U_{уд} = Z_T + C_c + E_n K_c,$$

где  $Z_T$  - текущие затраты на удаление 1 т твердых отходов (транспортировка отходов, погрузочно-разгрузочные работы), руб./т.

Таблица 189. Затраты на удаление 1 т твердых отходов

Расстояние перевозки, км	$Z_T$ , руб./т
24	7,00
30	7,24
40	7,58
50	7,88
60	8,18
70	8,48
80	8,78
90	9,08
100	9,38

$C_c$  - эксплуатационные расходы, связанные с содержанием 1 т твердых отходов на свалках или в отвалах, а также с

обезвреживанием или уничтожением твердых отходов в специальных установках, руб./т

Таблица 20. Эксплуатационные расходы

Город	$C_c$ , руб./т
Москва	0,147
Санкт-Петербург	0,33

$K_c$  - удельные капитальные затраты на сооружение систем удаления, обезвреживания, складирования или уничтожения твердых отходов, руб./т (табл. 21).

Таблица 191. Ориентировочные удельные эксплуатационные расходы и капитальные затраты на обезвреживание, складирование или уничтожение твердых отходов

Основные показатели	Высота складированных отходов с учетом полного уплотнения за весь период эксплуатации полигона, м		
	4,0	10,0	25,0
Средняя нагрузка на используемую площадь, т/м <sup>2</sup>	2,0–2,5	4,0–6,0	10,0–12,0
Капитальные затраты на единицу площади, тыс.руб./га	20–40	20–40	20–40
То же на единицу веса складированных отходов за весь период эксплуатации $K_c$ , руб./т	0,5–1,0	0,3–0,5	0,15–0,25
То же на единицу объема, руб./м <sup>3</sup>	0,25–0,5	0,15–0,25	0,08–0,12
Эксплуатационные расходы $C_c$ , руб./т	0,6–0,7	0,5–0,6	0,4–0,5

Примечание: в общие затраты на удаление твердых отходов включены затраты на погрузочно-разгрузочные работы, составляющие 5,68 руб./т отходов.

$E_n$  - нормативный коэффициент экономической эффективности удельных капитальных затрат.

Величину  $U_T$  рассчитывают по формуле:

$$U_T = (Z_3 + Z_p) S,$$

где  $Z_3$  - экономическая оценка 1 га земли по нормативам затрат на возмещение потерь сельскохозяйственного производства, руб./га.

Таблица 202. Средневзвешенная стоимость сельскохозяйственных угодий

Экономический район	Средневзвешенная стоимость с/х угодий на 1990 г., тыс.руб./га
Северо-западный в т.ч. С.-Петербургская обл.	1,0 20,1
Центральный в т.ч. Московская обл.	5,8 32,5
Волго-Вятский	4,1
Центрально-Черноземный	11,2
Поволжский	4,3
Северо-Кавказский в т.ч. Краснодарский край	11,2 22,5
Уральский	3,0
Западно-Сибирский	0,7
Восточно-Сибирский	0,2

$Z_p$  - усредненные затраты на санитарно-гигиеническую рекультивацию 1 га земли (2618 руб./га в 1989 году);

$S$  - площадь, используемая для складирования 1 т твердых отходов (принимается по отраслевым данным в интервале от 0,00002 до 0,0002 га/т).

Иногда допускают использование грубой укрупненной оценки ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения и отчуждения земельных ресурсов:

$$Y = gU_{\text{почв}}m$$

где  $Y$  - ущерб, наносимый окружающей среде отчуждением и загрязнением земельных ресурсов, руб.;

$q$  - показатель относительной ценности земельных ресурсов;

Для районов полесья и суглинистых почв  $q$  равен 0,5, районов лесостепи 0,7, черноземных почв 1,0, орошаемых сельскохозяйственных угодий 2,0;

$U_{\text{почв}}$  - удельный ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения почвы (составляет 2 руб. за 1 т неорганических отходов, включая отходы заводов минеральных удобрений, и 3 руб. за 1 т органических отходов и отходов бытовых свалок);

$m$  - масса годового выброса твердых отходов в почву, т.

## 9.5. Применение нормативов платы за загрязнение природной среды на территории Российской Федерации

Порядок применения нормативов платы за загрязнение природной среды предусматривает взимание платы по нормативам с природопользователей (предприятий, учреждений и организаций) независимо от их ведомственной подчиненности, видов и форм собственности за следующие вредные воздействия:

- выброс в атмосферу загрязняющих веществ от стационарных источников;
- выброс в атмосферу загрязняющих веществ от нестационарных источников;
- сброс загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты;
- размещение отходов;
- другие виды вредного воздействия.

Для расчета платы за загрязнение природной среды установлены нормативы платы за сбросы, выбросы, размещение отходов и другие виды вредного воздействия в пределах допустимых нормативов (ПДВ, ПДС и т.д.) и в пределах установленных лимитов - временно согласованных нормативов (ВСВ, ВСС и т.д.) (приложения 5, 6, 7).

Плату природопользователей за загрязнение окружающей среды в размерах, не превышающих установленные предельно допустимые нормативы, определяют по формуле:

$$П = K_{э(j)} m_{пд} N_{пд},$$

где  $П$  - плата за загрязнение окружающей среды, руб.;

$m_{пд}$  - фактическая масса загрязняющих веществ, не превышающая установленные предельно допустимые нормативы, т;

$N_{пд}$  - норматив платы за 1 т загрязняющих веществ, если фактическая масса загрязняющих веществ не превышает установленные предельно допустимые нормативы, руб./т (приложения 5, 6);

$K_{э(j)}$  - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости, определяемый согласно таблицам (приложения 8, 9).

Плату природопользователей за загрязнение окружающей среды в пределах установленных лимитов (временно согласованных нормативов) рассчитывают по формуле:

$$П=Кэ(j) \{m_{пд}H_{пд} + [m_{вс} - m_{пд}]H_{вс}\},$$

где  $m_{вс}$  - фактическая масса загрязняющих веществ, не превышающая установленные временно согласованные нормативы, т;

$H_{вс}$  - норматив платы за 1 т загрязняющих веществ, если фактическая масса загрязняющих веществ не превышает временно согласованные нормативы, руб./т (приложения 5, 6, 7).

Плату природопользователей за сверхлимитное загрязнение окружающей среды определяют по формуле:

$$П=Кэ(j) \{m_{пд}H_{пд} + [m_{вс} - m_{пд}]H_{вс} + 5[m - m_{вс}]H_{вс}\},$$

где  $m$  - фактическая масса загрязняющих веществ, превышающая установленные временно согласованные нормативы, т;

5 - повышающий коэффициент за сверхлимитное загрязнение окружающей среды.

Таким образом, оплата сверхлимитных выбросов в 25 раз превышает оплату выбросов в пределах установленных нормативов. В случае загрязнения окружающей среды без оформления в установленном порядке разрешения вся масса загрязняющих веществ рассматривается как сверхлимитная.

Платежи за предельно допустимые выбросы, сбросы загрязняющих веществ, размещение отходов, уровень вредного воздействия осуществляются за счет себестоимости продукции, а платежи за превышение их - за счет прибыли, остающейся в распоряжении природопользователя.

#### **9.6. Расчет платы за загрязнение земель химическими веществами и несанкционированными свалками отходов**

Порядок определения платы за ущерб, наносимый окружающей среде при загрязнении земель химическими веществами и несанкционированными свалками отходов, разработан и утвержден Минприроды и Роскомземом в 1993 г.

Степень загрязнения земель характеризуется пятью уровнями: 1 - допустимым; 2 - слабым; 3 - средним; 4 - сильным; 5 - очень сильным. Под допустимым уровнем загрязнения понимают содержание в почве химических веществ, не превышающее ПДК или ОБУВ (приложения 10, 11, 12). Содержание в почве химических веществ, соответствующее различным уровням загрязнения, приведено в приложении 13.

Размер платы за ущерб от загрязнения земель определяют исходя из затрат на проведение полного объема работ по очистке загрязненных земель.

В случае невозможности оценить указанные затраты размер платы за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель, рассчитывают в соответствии с выражением:

$$\Pi = \sum N_c S_{(i)} K_B K_{a(i)} K_{z(i)} K_T,$$

где  $\Pi$  - размер платы за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель химическими веществами, тыс. руб.;

$N_c$  - норматив стоимости сельскохозяйственных земель, тыс. руб./га (приложение 14);

$S_{(i)}$  - площадь земель, загрязненных  $i$ -м веществом, га;

$K_B$  - коэффициент пересчета, зависящий от продолжительности периода восстановления загрязненных сельскохозяйственных земель (см.табл.23).

$K_{a(i)}$  - коэффициент для расчета ущерба в зависимости от степени загрязнения земель  $i$ -м веществом (табл. 24).

При допустимом уровне загрязнения коэффициент  $K_{a(i)}$  приравнивают к нулю, следовательно, в этом случае плата за нанесенный ущерб не взимается;

Таблица 213. Значение коэффициента  $K_B$

Период восстановления	$K_B$
1 год	0,9
2 года	1,7
3 года	2,5
4 года	3,2
5 лет	3,8
6-7 лет	4,6
8-10 лет	5,6
11-15 лет	7,0
16-20 лет	8,2
21-25 лет	8,9
26-30 лет	9,3
31 и более лет	10,0

Таблица 224. Значение коэффициента  $K_{a(i)}$

Уровень загрязнения	Степень загрязнения земель	$K_{a(i)}$
1	Допустимая	0
2	Слабая	0,3
3	Средняя	0,6
4	Сильная	1,5
5	Очень сильная	2,0

Таблица 235. Значение коэффициента  $K_r$

Глубина загрязнения земель, см	$K_r$
0 - 20	1,0
0 - 50	1,3
0 - 100	1,5
0 - 150	1,7
0 - >150	2,0

$K_{э(j)}$  - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории  $j$ -го экономического района (приложение 8);

$K_r$  - коэффициент для расчета ущерба в зависимости от глубины загрязнения земель (табл.25).

В случае отсутствия в таблице (приложение 13) сведений о химических веществах, загрязняющих землю, плату за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель, рассчитывают аналогично по приведенной выше формуле, однако при этом коэффициент  $K_{a(i)}$  определяют на основании данных табл. 26, 27 и формулы:

$$Z_c = C_{\text{факт}(i)} / C_{\text{фон}(i)},$$

где  $C_{\text{факт}(i)}$  - фактическое содержание  $i$ -го токсиканта в почве;

$C_{\text{фон}(i)}$  - регионально-фоновое содержание в почве  $i$ -го токсиканта.

Под регионально-фоновым содержанием химического вещества понимают его содержание в почве территорий, не испытывающих техногенной нагрузки.

Таблица 246. Оценка степени загрязнения земель химическими веществами

Показатель $Z_c$	Степень загрязнения земель	$K_{a(i)}$
< 2	Допустимая	0
2 - 8	Слабая	0,3
8 - 32	Средняя	0,6
32 - 64	Сильная	1,0
> 64	Очень сильная	2,0

При отсутствии в табл. 27 данных по фоновому содержанию в почвах неорганического химического вещества за фон берут его среднерегиональное содержание для незагрязненной территории.

Для органических соединений их фоновое содержание в почвах приравнивают к 0,1 ПДК.

Размер платы за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель несанкционированными свалками отходов, определяют по формуле:

Таблица 257. Фоновое содержание валовых форм

Почвы	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново-подзо-листые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзо-листые сугли-нистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	15	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2

$$\Pi = \sum 25 N_{n(i)} M_{(i)} K_{\alpha(j)} K_{\beta}$$

где  $\Pi$  - плата за ущерб, наносимый окружающей среде в результате загрязнения земель несанкционированными свалками, тыс.руб.;

25 - повышающий коэффициент за загрязнение земель отходами несанкционированных свалок;

$N_{n(i)}$  - норматив платы за захламление земель 1 т или 1 м<sup>3</sup> i-х отходов, руб./т (руб/м<sup>3</sup>) (табл.28).

Таблица 268. Значение норматива  $N_{n(i)}$

Наименование отходов	$N_{n(i)}$
Нетоксичные отходы:	
добывающей промышленности, т	2,5
перерабатывающей промышленности, м <sup>3</sup>	115
бытовые, м <sup>3</sup>	200
Токсичные отходы, т:	
1 класс токсичности - чрезвычайно опасные	14000
2 класс токсичности - высокоопасные	6000
3 класс токсичности - умеренно опасные	4000
4 класс токсичности - малоопасные	2000

Нормативы платы приведены в ценах на 1 января 1993 года.

Класс опасности токсичных отходов определяют согласно «Временному классификатору токсичных промышленных отходов»

и «Методическим указаниям по определению класса опасности токсичных промышленных отходов».

$M_{(i)}$  - масса или объем  $i$ -х отходов, т ( $m^3$ );

$K_{э(j)}$  - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости территории  $j$ -го экономического района (приложение 9).

$K_B$  - коэффициент пересчета, зависящий от продолжительности периода восстановления загрязненных сельскохозяйственных земель (см. выше).

### **Вопросы к разделу 9**

1. Что относится к природоохранным мероприятиям?
2. Виды экономического ущерба, наносимого окружающей среде
3. Что такое фактический ущерб?
4. Что такое возможный ущерб и от чего зависит его величина?
5. Из каких этапов состоит оценка ущерба, наносимого окружающей среде?
6. В чем заключается сложность использования прямого пути определения ущерба, наносимого окружающей среде?
7. На чем основана методика концентраций при расчете ущерба, наносимого выбросами загрязняющих веществ в атмосферу?
8. Какие показатели учитываются при укрупненной оценке ущерба, наносимого окружающей среде выбросами загрязняющих веществ в атмосферу?
9. В чем суть методики укрупненного расчета ущерба, наносимого окружающей среде сбросами вредных веществ в водоемы?
10. Какие факторы учитываются при укрупненной оценке ущерба, наносимого окружающей среде в результате загрязнения поверхности Земли твердыми отходами?
11. Что предусматривает порядок применения нормативов платы за загрязнение природной среды?
12. Что предусматривает порядок определения платы за ущерб, наносимый окружающей среде при загрязнении земель химическими веществами и несанкционированными свалками отходов?

## **10. Правовые основы экологии**

### **10.1. Основные понятия**

Впервые понятие «экология» было предложено немецким биологом Э. Геккелем в 1866 году и долгое время не выходило за рамки биологии. Широкой общественности слово «экология» стало

известно примерно 35-40 лет назад, после того, как внимание во всем мире было привлечено к проблеме охраны окружающей среды.

В 1963 году Генеральная Ассамблея ООН признала эту проблему особо важной.

Одной из важнейших частей экологии является социальная экология.

Социальная экология - это учение о взаимодействии общества с окружающей его средой обитания.

Составной частью в социальную экологию входит правовая экология.

Правовая экология - это совокупность норм, регулирующих общественные (экологические) отношения в сфере взаимодействия общества и природы.

Одним из проявлений правовой экологии является экологическое право.

Экологическое право - это совокупность норм, регулирующих общественные (экологические) отношения в сфере взаимодействия общества и природы в интересах сохранения и рационального использования окружающей природной среды для настоящих и будущих поколений людей.

Правовой способ охраны окружающей среды включает в себя:

- 1) определение объектов охраны природной среды;
- 2) установление запретительных, дозвоительных, обязывающих и т.д. норм, регулирующих экологические отношения;
- 3) определение мер и средств осуществления государственного экологического контроля;
- 4) установление мер юридической ответственности за экологические правонарушения и возмещение причиненного вреда.

## **10.2. Формы экологического управления и контроля в Российской Федерации**

Система органов государственного экологического управления России является весьма разветвленной (рис. 26) и включает в себя органы общей компетенции (Президент РФ, Федеральное собрание, Правительство РФ) и органы специальной компетенции, которые подразделяются на комплексные, отраслевые и функциональные.

В настоящее время все большую роль в России начинают играть общественные формы экологического движения: союзы, добровольные общества, фонды, организации, партии и т.д.

Экологическая экспертиза является одним из важнейших видов экологического контроля. Она может быть государственной, ведомственной, общественной и научной. Целью экологической экспертизы является предупреждение вредных воздействий хозяйственной деятельности на окружающую среду и здоровье человека.

Государственная экологическая экспертиза является независимой и вневедомственной, и ее выводы обязательны к исполнению. Выводы ведомственной экологической экспертизы имеют силу внутри соответствующего ведомства. Выводы общественной экологической экспертизы имеют силу рекомендаций. Научная экологическая экспертиза проводится в научных целях по инициативе ученых.

Экологическая ответственность за причинение вреда имеет два аспекта: эколого-экономический и юридический. Эколого-экономическая ответственность выражается в общем принципе взаимодействия природы и общества: «загрязнитель - платит». Юридическая ответственность регулируется право-административными методами вплоть до уголовной ответственности.

Экологический паспорт промышленного предприятия как нормативно-технический документ был утвержден и впервые введен в действие в январе 1990 г. В нем сформулированы экологические права и обязанности предприятий и хозяйственных объектов.

Основой для разработки экологического паспорта промышленного предприятия являются основные показатели производства, проекты расчетов ПДВ, нормы ПДС, разрешение на природопользование, паспорта газоочистных и водоочистных сооружений и установок по утилизации и использованию отходов, формы государственной статистической отчетности и другие нормативные и нормативно-технические документы.

## Органы экологического управления Российской Федерации



Рис.26.Органы государственного экологического управления РФ

В экологический паспорт предприятия включены следующие сведения и показатели:

1) сведения об объеме и характере производства, технологии, природоохранном оборудовании, расходах сырья и выпуске продукции;

2) информация об объемах и видах потребляемых природных ресурсов и объемах и видах веществ, загрязняющих окружающую среду;

3) сведения о разрешении на выброс (изъятие) природного вещества, природных ресурсах, лимитах изъятия и нормативах выбросов по отдельным загрязнителям;

4) технология очистки и обезвреживания отходов, система технического контроля за выбросами;

5) экологическая характеристика выпускаемой продукции;

6) сведения о размещении отходов, а также размер санитарно-защитной зоны;

7) отдельно в виде справки с указанием времени, объемов и состава приводят данные о залповых выбросах в атмосферу загрязняющих веществ, об аварийных и залповых сбросах загрязняющих веществ со сточными водами, о внеплановых и аварийных случаях сброса в почву и захоронения загрязняющих веществ. На основании данных этого раздела рассчитывают величины ущерба от загрязнения атмосферы, гидросферы и почвы, а также размеры платежей за нормативные, сверхнормативные и аварийные (залповые) выбросы загрязняющих веществ в окружающую среду.

### **10.3. Международные экологические отношения**

Международные экологические отношения определяются принципами и нормами международного права. Они изложены в решениях Генеральной Ассамблеи ООН, решениях Стокгольмской конференции ООН по окружающей среде, а также в других документах и могут быть сформулированы следующим образом:

1) приоритетность экологических прав человека;

2) суверенитет государства на природные ресурсы своей территории;

3) недопустимость экологического благополучия одного государства за счет другого;

4) экологический контроль на всех уровнях;

5) свободный обмен международной экологической информацией;

6) взаимопомощь государств в чрезвычайных обстоятельствах;

7) разрешение эколого-правовых споров мирными средствами.

Особое место в ряду объектов экологического права занимают объекты международно-правовой охраны окружающей среды. Они подразделяются на две категории:

а) международно-правовые объекты охраны, не входящие в юрисдикцию государств. К ним относятся космос, Мировой океан, Антарктида, воздушный бассейн и мигрирующие виды животных;

б) международно-правовые объекты, входящие в юрисдикцию государств. К этой категории относятся объекты, включенные в число мирового природного наследия (заповедники, национальные парки, резерваты, памятники старины); занесенные в Международную Красную книгу исчезающие и редкие животные и растения; международные реки, моря, озера (Балтийское море, река Дунай, Великие озера на границе США и Канады и т.д.).



Рис.27. Международные природоохранные организации

Проблема защиты окружающей среды вызывает живой интерес многочисленных международных организаций, но ведущая роль в этом вопросе принадлежит ООН (рис. 27).

Генеральная Ассамблея ООН определяет основные направления международной экологической политики, разрабатывает принципы взаимоотношения государств в этой области, принимает решения о проведении международных конференций ООН по проблемам окружающей среды, разрабатывает проекты международных конференций, рекомендации по охране окружающей среды, способствует развитию сотрудничества государств с целью защиты окружающей среды.

Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) была учреждена в 1972 г. на стокгольмской конференции ООН по проблемам окружающей среды и является головной организацией по проблемам окружающей среды. ЮНЕП были сформулированы глобальные экологические проблемы.

Организация Объединенных наций по культуре, науке, образованию (ЮНЕСКО), образованная в 1948 г., также вплотную занимается проблемами охраны окружающей среды. Свою деятельность она осуществляет по нескольким направлениям:

1) руководство экологическими программами, в которых занято свыше 100 государств. Среди программ - долгосрочная программа «Человек и биосфера», международная программа по образованию в области окружающей среды и т.д.;

2) учет и организация охраны природных объектов, отнесенных к всемирному наследию;

3) оказание помощи развивающимся и другим странам в развитии экологического образования и подготовке специалистов-экологов.

Международный союз охраны природы и природных ресурсов (МСОП) был учрежден в 1948 г. и является неправительственной международной организацией, представляющей более 100 стран. В его задачу входит сохранение естественных экосистем, сохранение редких и исчезающих видов животных и растений, организация заповедников, резерватов и национальных парков, а также экологическое просвещение.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) была учреждена в 1946 г. и занимается проблемами охраны здоровья человека и воздействия на него окружающей среды.

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) было образовано в 1957 г. в целях обеспечения безопасности и охраны окружающей среды от радиоактивного загрязнения.

Сельскохозяйственная и продовольственная организация Объединенных Наций (ФАО) была образована в 1945 г. и занимается экологическими проблемами в сельском хозяйстве: охраной и использованием земель, водных ресурсов, животного мира, биологических ресурсов Мирового океана.

Международная морская организация (ИМО) была создана в 1948 г. и решает проблемы в области морского судоходства и охраны моря от загрязнения.

Всемирная метеорологическая организация ООН (ВМО) была учреждена в 1947 г. В ее задачу входит изучение степени воздействия человека на погоду и климат планеты в целом и по отдельным регионам.

ВМО действует в рамках глобальной системы мониторинга окружающей среды (ГСМОС). Наряду с ВМО в ГСМОС входят также ВОЗ, ФАО и ЮНЕСКО.

Система ГСМОС имеет пять действующих программ: мониторинг состояния атмосферы, перенос загрязняющих веществ на большие расстояния, программу здоровья человека, программу Мирового океана и программу возобновляемых ресурсов суши.

Наряду с ведущими международными организациями в мире действуют многочисленные международные организации, занимающиеся рядом специальных проблем. Например, Международный регистр потенциально токсичных химических веществ (МРПТХВ) создан как часть ЮНЕП и занимается изучением токсичных химических веществ, включая пестициды, и их воздействием на человека и окружающую среду. В рамках ООН работает Бюро по оказанию помощи на случай стихийных бедствий (ЮНДРО).

Все вышеперечисленные международные организации объединяют свои усилия для решения глобальных экологических проблем.

В целом пути решения экологических проблем можно представить следующим образом.

1. Необходимо разработать международные законы природопользования, обязательные для соблюдения всеми странами.

2. Необходимо проводить исследования по проблемам охраны окружающей среды для разработки новых технологий и создания природоохранной техники. В формировании

централизованных денежных фондов для этих целей должны участвовать все государства, но основной вклад должны внести развитые страны.

3. Для управления взаимодействием людей с природой необходимо разработать систему налогов и штрафов. Возможно, нужен даже налог на жизнь на Земле, т.е. на пользование природой. Такой налог мог бы стать регулятором рождаемости.

4. Для решения глобальных экологических проблем необходимы системы международного контроля, включая юристов, арбитраж и другие службы.

В настоящее время поиск решения экологических проблем ведется как на государственном, так и на международном уровне. И всем надо помнить при этом слова Ч. Дарвина: «Управлять природой можно только повинувшись ей».

### **Список использованной литературы**

1. Российская федерация. Законы. Об охране окружающей природной среды; федеральный закон: [принят 19 декабря 1991 г.] // Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации. 1992.- № 10. – С. 457.
2. Израэль, Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды / Ю. А. Израэль.- М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560 с.
3. Как организовать общественный экологический мониторинг: руков. для обществ. организ./ Е. А. Васильева, [и др.]; под ред. М. В. Хотулевой. - М.: Социально-экологический Союз, 1997. – 120 с.
4. Ольшанская, О. М. Современные методы и подходы к экологической сертификации текстильной продукции/ О.М. Ольшанская//Высокоэффективные технологии производства и переработки льна: сб. тез. докл. междунар. научн.-прак. конф.- Вологда, 2002. – С . 99.
5. Афанасьев, Ю. А. Мониторинг и методы контроля окружающей среды: учеб. пособие: ч.2 /Ю. А. Афанасьев, С. А. Фомин, В. В. Меньшиков.- М.: МНЭПУ, 2001. – 337с.
4. Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов/ В. Н. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г. К. Будников - М.: Химия, 1996. – 319с.
5. Петров, В. В. Экологическое право России: учеб. пособ. для вузов/ В. В. Петров. - М.: БЕК, 1995. – 120с.
6. Артемов, А. В. Экологическая сертификация текстильной продукции/А. В. Артемов, С. В. Фролов, Е.В. Ярош .- [www.textileclub.ru](http://www.textileclub.ru).

7. Артемов, А. В. Изучение химического состава льна в процессе его переработки. Анализ допустимых норм содержания тяжелых металлов в льняной текстильной продукции/А.В. Артемов, О.М. Ольшанская. – [www.textileclub.ru](http://www.textileclub.ru).
8. Живетин, В.В. Новая технология локальной очистки технологических сточных вод от красителей и тяжелых металлов/ В. В. Живетин, [и др.] – [www.textileclub.ru](http://www.textileclub.ru).
9. Артемов, А. В. Анализ содержания тяжелых металлов и вредных органических соединений в сточных водах и в воздухе рабочей зоны/ А. В. Артемов.– [www.textileclub.ru](http://www.textileclub.ru).
10. Артемов, А. В. Диоксины в текстильной промышленности / А. В. Артемов, Е. Г. Ипполитов, Г. П. Нестерова.– [www.textileclub.ru](http://www.textileclub.ru).
11. Трегубова, А. А. Современные экологические проблемы текстильной технологии/ А.А. Трегубова// Современные наукоемкие технологии : сб. тез. докл. конф. //2007- №10.- [www.rae.ru](http://www.rae.ru).
12. Федоров, Л. А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспектива /Л.А.Федоров.- М.: Наука, 1993. – 260 с.
13. Высочин, В. И. Диоксины и родственные соединения /В.И. Высочин ; под. ред. В. В. Власов.- Новосибирск, 1989. – 153 с.
14. Фокин, А. В. Диоксин - проблема научная или социальная?/ А. В.Фокин, А. Ф. Коломиец // Природа, 1985. - №3. - С. 3 - 15.
15. Чебаненко, Б.Б. Байкальский регион: пределы устойчивости / Б. Б. Чебаненко, Е. П. Майсюк; отв. ред. Б. Г. Санеев; - Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева.- Новосибирск: Наука, 2002. - 158 с.
16. Уэр, Дж. Проблемы загрязнения окружающей среды и токсикологии / Дж. Уэр. - М.: Мир, 1993. – 395 с.
17. Арустамов, Э. А. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие /Э. А. Арустамов, М. Дашков - М.: Изд. дом Дашков и К, 2000. – 284 с.
18. Богатова, Н. Т., Новоселов Я. Б. Использование БАД на основе природных минералов для детоксикации организма. СОРАМН, НИИ клинической и экспериментальной морфологии. – Новосибирск: Экор, 1999.
19. Бабенко, О. В. Диоксины - Проблема 21 века/О.В. Бабенко// Медицинская помощь.- 2000. - №5. - С. 32-35.
20. Губский, Ю. И. Химические катастрофы и экология./ Ю. И. Губский, В. Б. Долго-Сабуров, В. В. Храпак.- Киев: Здоровье, 1993. – 223 с.

21. Кидалов, В. Н. Щит против стресса/ В. Н. Кидалов, Л. Н. Куликова.- СПб.: Атон, 1998.- 254 с.
22. Курбат, Н. М. Рецептурный справочник врача /Н. М. Курбат , 3-е изд., - М: Выш.шк., 1998. – 495 с.
23. Кукес, В. Г. Клиническая фармакология.: учеб. пособ. для вузов / В. Г. Кукес, 2-е изд.; перераб. и доп.- М. : ГЭОТАР. 1999.- 528 с.
24. Лужников, Е. А. Деинтоксикационная терапия.: руководство для врачей/ Е. А. Лужников, Ю. С., Гольдфарб, С. Г. Мусселиус. - СПб. : Лань, 2000.- 192 с.
25. Мурин, М. Б. К проблеме профилактики интоксикации диоксинами / М.Б. Мурин, Н.П. Бражник// Военно-медицинский журнал. – 2000. - №7- С. 21 – 22.
26. Русак, О. Н. Безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие / О. Н. Русак, К. Р. Малаян, Н. Г. Занько; под ред. О. Н. Русака. – СПб. : Лань, 2000. – 448 с.
27. Павлов, С. Е. Твой безопасный дом/С. Е. Павлов. -М: Ураджай, 2000. – 297с.
28. Пехов, А. П. Биология и общая фармакология: учеб. пособие / А. П. Пехов, - М.: РУДН. 1994. – 440 с.
29. Полихлорированные дибензо-пара-диоксины и дибензофураны / пер. с англ. , М.: Медицина. 1993.- 176 с.
30. Потапов, А. И. Гигиенические подходы к оценке риска воздействия диоксинов на здоровье населения // Здравоохранение РФ , 1999 - №4.- С. 18 – 20.
31. Сапин, М. Р. Иммунная система, стресс и иммунодефицит/ М. Р. Сапин, Д. Б. Никитюк. - М.: Джангар, 2000.- 184 с.
32. Споры о будущем: окружающая среда. Материалы Пленума ЦК КПСС, 14-15 июня 1983 г. М., 1983.- С. 24, 34.
33. Федоров, Л. А. Диоксины как экологическая опасность: ретроспектива и перспективы / Л. А. Федоров. - М.: Наука. 1993.- 266 с.
34. Шпаковская, Т. Л. Маленькие секреты большой стирки / Т.Л. Шпаковская. – М.: Химия, 1988. – 128 с.
35. Биргер, М. И. Справочник по пыле- и золоулавливанию/ М. И. Биргер, А. Ю. Вальдберг, Б. И. Мягков. - М.: Энергоатом издат, 1983. – 312 с.
36. ГОСТ 12.1.007 - 76. Вредные вещества.- М.: Изд-во стандартов, 1976. - 6 с.
37. ГОСТ 12.1.005 - 88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Изд-во стандартов, 1988.- 75 с.

38. ГОСТ 17.2.3.02-78. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. - М.: Изд-во стандартов, 1978.- 14 с.
39. ГОСТ 17.0.0.04-90. Экологический паспорт промышленного предприятия: основные положения.- М.: Изд-во стандартов, 1990.- 22 с.
40. СН 245-71. Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий. - М.: Стройиздат, 1972. – 96 с.
41. СНиП 2.04.03 - 85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Введ.- 1986-01-01 М. – 72 с.
42. Диденко, В. Г. Основы очистки и утилизации вентиляционных выбросов: учеб. пособие/ Диденко В. Г. - Волгоград.: ВолгИСИ, 1992. – 103 с.
43. Канализация населённых мест и промышленных предприятий: справочник проектировщика/Н. И. Лихачев, [и др.]; под ред. В. Н. Самохина. - 2-е изд.; перераб. и доп., М.: Стройиздат, 1981.- 639 с.
44. Канализация: учеб. пособие/ С. В. Яковлев[и др.]; под ред. Я. А. Карелина 5-е изд.; перераб. и доп., М.: Стройиздат, 1975.- 632 с.
45. Луконин В. Д. Очистка вентиляционных выбросов в химической промышленности/ В. Д. Луконин, М. И. Курочкина.- М.: Химия, 1980. – 232 с.
46. Орлов Г. Г. Инженерные решения по охране труда в строительстве: справочник/ Г. Г. Орлов, П. А. Булыгин. - М.: Стройиздат, 1985. - 278 с.
47. Ласков, Ю. М. Примеры расчётов канализационных сооружений: учеб. пособ. для вузов /Ю. М. Ласков, Ю. В. Воронов, В. И. Калицун.- 3-е изд. ; перераб. и доп. – М.: Альянс, 2008. – 256 с.
48. Стадницкий, Г. В. Экология: учеб. пособ. для вузов/ Г. В. Стадницкий, А. И. Родионов. – СПб.: Химия, 1997 .-240 с.
49. Лукиных, Н. А., Таблицы для гидравлического расчёта канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н. Н. Павловского / Лукиных А. А., Лукиных Н. А. - 7-е изд. - М.: Бастет, 2012 . – 383 с.
50. Закон РСФСР «Об охране окружающей природной среды» от 19 декабря 1991 г. //Ведомости Съезда народных депутатов Российской Федерации и Верховного Совета Российской Федерации.- 1992. -№ 10. -С. 457.
51. Одум, Ю. Экология: в 2 т. / Ю. Одум. - М.: Мир, 1986. –Т.1- 328 с., Т.2 – 376 с.

52. Беспмятнон, Г. П. Пределно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде: справочник/ Г. П. Беспмятнон, Ю. А. Кротов, - Л.: Химия, 1985.- 528 с.
53. Байнхауэр, Х. / Х. Байнхауэр, Э. Шмакке. - М.: Прогресс, 1973. – 240 с.
54. Ревелль, П., Ч. Среда нашего обитания / П. Ревелль, Ч. Ревелль: в 4 кн. - М.: Мир, 1995.
55. Майстренко, В. Н. Эколого-аналитический мониторинг суперэкоотоксикантов / В. Н. Майстренко, Р. З. Хамитов, Г. К. Будников. - М.: Химия, 1996. – 319 с.
56. Лозановская, И. Н. Экология и охрана биосферы при химическом загрязнении.: учеб. пособие./ И. Н., Лозановская, Д. С. Орлов, Л. К. Садовникова. - 2-е изд. ; перераб. и доп.. - М.: Высш. шк. 1998. –287 с.
57. [www.localhost.ru](http://www.localhost.ru)
58. [www.domal.ru](http://www.domal.ru)
59. [www.radar-geo.info.ru](http://www.radar-geo.info.ru)
60. [www.sunhome.ru](http://www.sunhome.ru)
61. [www.forum.aroma-beauty.ru](http://www.forum.aroma-beauty.ru)
62. [www.o8ode.ru](http://www.o8ode.ru)
63. <http://crowngold.narod.ru/articles/dioxini.htm>
64. <http://www.chem.msu.su/rus/journals/xr/dioxin.html>

Приложение 1

Значения показателя относительной опасности загрязнения  
атмосферного воздуха  $\sigma_{(i)}$

Территории курортов, санаториев, заповедников, заказников	10
Территории пригородных зон отдыха, садовых и дачных участков	8
Территории населенных мест с известной плотностью населения $n$ , чел./га	$0,1n$
Территории населенных мест с известной плотностью пребывания населения $P$ , чел./га	$P : 35000$
Центральная часть города с населением выше 300 тыс.чел.	8
Территории промышленных предприятий и промузлов	4
Леса I-й группы	0,2
Леса II-й группы	0,1
Леса III-й группы	0,025
Пашни обычные, южные зоны (южнее $50^\circ$ с.ш.)	0,25
Пашни орошаемые, южные зоны (южнее $50^\circ$ с.ш.)	0,5
Пашни обычные, Центральный Черноземный район, Южная Сибирь	0,3
Пашни орошаемые, Центральный Черноземный район, Южная Сибирь	0,3
Пашни обычные, прочие районы	0,1
Пашни орошаемые, прочие районы	0,1
Сады, виноградники обычные	0,5
Сады, виноградники орошаемые	1,0
Пастбища, сенокосы обычные	0,05
Пастбища, сенокосы орошаемые	0,1

Приложение 2

Значения показателя относительной агрессивности  $A_{(i)}$  (усл. т/т) для  
некоторых распространенных видов пылей сложного состава

1	2
Пыль гипса, известняка	25

Пыль талька	35
Каменноугольная пыль	40
Пыль цементных производств, в среднем	45
Зола торфов, в среднем	60
Зола углей:	
березовских, назаровских, ангренинских	60
донецких, подмосковных,	70
кузнецких, экибастузских, карагандинских	80
Пыль слюды	70
Коксовая и агломерационная пыль, в среднем	100
Твердые частицы, выбрасываемые дизелями, топками и иными установками, сжигающими мазуты	200
Твердые частицы, выбрасываемые двигателями внутреннего сгорания, работающими на неэтилированном бензине	300
То же на этилированном бензине	500
Пыль никелевого агломерата	600

### Приложение 3

#### Значения константы $\sigma_k$ для различных водохозяйственных участков

Номер участка (k)	Наименование бассейнов рек и створов	Административный состав участков	$\sigma_k$
1	2	3	4
1	Печора, устье	Республика Коми без юго-западной части; Ненецкий автономный округ, южная часть	0,18
1	2	3	4
2	Северная Двина, устье	Республика Коми, юго-западная часть; Вологодская область, восточная и центральная части; Архангельская область, центральная часть; Кировская область, небольшая северная часть	0,22

3	Нева, устье (Ленинград)	Республика Карелия, крайняя южная часть; Ленинградская область, без крайней западной части; Псковская область, кроме восточной части	0,47
4	Даугава, устье (Рига)	Латвия, центральная часть; Витебская область, кроме юго-западной части (бассейн реки Березина); Тверская область, западная часть; Смоленская область, северо-западная часть	0,50
5	Нямунас, устье	Литва, без северной части; Минская область, западная часть; Гродненская область; Брестская область, северная часть; Калининградская область, северная часть	0,58
6	Днестр, устье	Львовская область, южная часть; Ивано-Франковская область, без южной части; Тернопольская область, южная и центральная части; Черновицкая область, северная часть; Винницкая область, юго-западная часть; Хмельницкая область, южная часть; Молдова, без юго-западной части	1,84
7	Днепр, Киев	Смоленская область, центральная часть; Брянская область; Курская область без восточной части; Могилевская область; Минская область без западной части; Брестская область, юго-западная часть; Гомельская область; Ровенская область; Волынская область; Хмельницкая область, северная часть; Житомирская область; Черниговская область без южной части; Киевская область, северная часть; Тернопольская область, северная часть; Калужская область, юго-западная часть; Орловская область, юго-западная часть;	1,75

		Белгоро-дская область, западная часть; Сумская область, северная часть	
1	2	3	4
8	Днепр, Каховский г/у	Киевская область, юго-восточная часть; Черкасская область, северная и восточная части; Полтавская область; Сумская область, южная часть; Харьковская область, западная часть; Днепропетровская область, без западной части; Запорожская часть, северная часть; Донецкая область, западная часть	2,33
9	Днепр, устье	Херсонская область, западная часть; Днепропетровская область, западная часть	0,99
10	Дон, устье реки Воронеж	Тамбовская область, западная часть; Липецкая область, восточная часть; Воронежская область, небольшая северная часть	1,63
11	Дон, Цимлянский г/у	Тульская область, юго-восточная часть; Орловская область, восточная часть; Курская область, восточная часть; Липецкая область (исключая территорию бассейна реки Воронеж); Ростовская область, северо-восточная часть; Волгоградская область, западная и центральная часть; Пензенская область, южная часть; Саратовская область, западная часть	1,13
12	Дон, устье реки Северный Донец	Белгородская область, центральная часть; Харьковская область, восточная и центральная части; Ворошиловградская область; Ростовская область, северо-западная	3,79

		часть; Донецкая область, северная часть	
13	Дон, устье Дона	Ростовская область, центральная и восточная части; республика Калмыкия, западная часть	1,87
14	Волга, устье реки Оки	Орловская область, центральная часть; Калужская область, без небольшой западной части; Тульская область, центральная и северная части; Московская область; Рязанская область; Нижегородская область, юго-западная часть; Республика Мордовия, западная часть; Пензенская область, северо-западная часть; Тамбовская область, северная и центральная части; Ивановская область, южная и центральная части; Ярославская область, крайняя юго-восточная часть	2,60
15	Волга ниже Нижнего Новгорода	Тверская область, восточная и центральная части; Ярославская область; Костромская область; Ивановская область, северная часть; Смоленская область, северо-восточная часть; Вологодская область, южная и западная части; Нижегородская область, северная часть; Новгородская область, не небольшая восточная часть	0,91
16	Волга, устье реки Камы	Кировская область; Пермская область; Удмуртская Республика; Республика Башкортостан, кроме южной части; Свердловская область, юго-западная часть; Челябинская область, северо-западная часть; Республика Татарстан, северо-восточная часть	0,50
17	Волга, Куйбышев	Нижегородская область, юго-восточная часть; Республика Марий Эл; Чувашская республика; Республика Мордовия, восточная	0,7

		часть; Самарская область, северная часть; Ульяновская область, северная часть; Республика Татарстан, западная часть; Оренбургская область, западная часть; Пензенская область, восточная часть	
18	Волга, устье	Самарская область, южная часть; Ульяновская область, южная часть; Саратовская область, центральная и северо-восточная части; Волгоградская область, восточная часть; Астраханская область	0,8
19	Кубань, Невинномысск	Ставропольский край, юго-западная часть (Карачаево-Черкесская Республика)	2,73
20	Кубань, устье	Краснодарский край, южная часть	2,60
21	Терек, устье	Республика Северная Осетия-Алания; Кабардино-Балкарская Республика; Чеченская Республика; Республика Ингушетия; Республика Дагестан, северная часть	2,01
22	Кура, Минчегаур	Грузия, восточная часть; Азербайджан, северо-западная часть; Армения, северная часть	2,37
23	Кура, устье	Азербайджан без северо-западной части; Армения без северной части	2,13
24	Урал, Уральск	Оренбургская область, восточная и центральная части; Актыбинская область, северо-западная часть; Челябинская область, юго-западная часть; Республика Башкортостан, юго-восточная часть	2,7
25	Урал, устье	Уральская область, восточная и центральная части; Гурьевская область, северная часть	0,75
26	Сыр-Дарья, Чардара	Иссык-Кульская область, юго-восточная часть; Нарынская область, без северной части; Ошская область,	0,82

		северная часть; Андижанская область; Наманганская область; Ферганская область; Ташкентская область	
27	Сыр-Дарья, устье	Чимкентская область; Кзыл-Ордынская область	0,37
28	Аму-Дарья, Керки	Ошская область, южная часть; Таджикистан без южной части; Сурхандарьинская область; Чарджоуская область, юго-восточная часть; Маруйская область; Ашхабадская область	0,41
29	Аму-Дарья, Тюя-Муюн	Чарджоуская область; Самаркандская область; Бухарская область, южная часть; Каракалпакская Республика, юго-восточная часть; Кашкадарьинская область; Ленинабадская область, южная часть	0,73
30	Аму-Дарья, устье	Хорезмская область; Каракалпакская Республика, центральная и восточная части; Ташаузская область, северная часть	0,35
31	Обь, Новосибирск	Алтайский край; Новосибирская область, юго-восточная часть	0,34
32	Обь, устье, река Томь	Новосибирская область, восточная часть; Кемеровская область, западная часть; Томская область, небольшая южная часть	0,92
33	Обь, Обь-Чулым	Красноярский край, юго-западная часть; Кемеровская область, восточная часть; Томская область, восточная часть; Новосибирская область, северо-восточная часть	0,7
34	Обь, Иртыш (Павлодар)	Джезказганская область; Павлодарская область, южная часть; Семипалатинская область; Восточно-Казахская область	2,1
35	Обь, Белогорье	Тюменская область, юго-восточная	0,31

		часть; Томская область, северная часть	
36	Обь, устье реки Иртыш	Тюменская область, южная часть; Павлодарская область, северная часть; Омская область; Новосибирская область, западная часть; Целиноградская область, восточная часть; Кокчетавская область, восточная часть	1,0
37	Обь, устье реки Ишим	Тюменская область, крайняя юго-восточная часть; Целиноградская область, центральная часть; Тургайская область, восточная часть; Кокчетавская область, западная часть; Северо-Казахстанская область	0,81
38	Обь, устье, реки Тобол	Кустанайская область; Курганская область; Челябинская область, восточная часть; Свердловская область, северная и восточная части; Тюменская область, крайняя юго-восточная часть	0,96
39	Обь, устье	Ямало-Ненецкий национальный округ; Ханты-Мансийский национальный округ	0,12
40	Енисей, Красноярск	Республика Тыва; Красноярский край, южная часть	0,19
41	Енисей (Енисейск)	Красноярский край, центральная часть; Иркутская область, западная часть	0,19
42	Енисей, устье	Красноярский край, центральная и северная части	0,11
43	Селенга, устье	Центральная часть; Читинская область, небольшая юго-западная часть	0,28
44	Другие реки Забайкалья	Республика Бурятия, северо-западная часть	0,21
45	Лена, Якутск	Иркутская область, северо-восточная часть; Республика Бурятия, северо-восточная часть; Читинская область,	0,15

		северная часть; Республика Саха (Якутия), южная часть; Амурская область, северо-западная часть	
46	Лена, устье	Республика Саха (Якутия), центральная и северная части	0,14
47	Амур, устье	Читинская область, юго-восточная часть; Амурская область (без северо-запада); Хабаровский край, южная часть; Приморский край, северная и западная части	0,19
48	Южный Буг, устье	Черкасская область, западная часть; Хмельницкая область, центральная часть; Винницкая область, кроме юго-западной части; Кировоградская область, центральная и юго-западная части; Николаевская область; Одесская область, северо-восточная часть	2,6
49	Сулак, устье	Республика Дагестан, центральная часть	0,88
50	Кума, устье	Карачаево-Черкесская автономная область, северо-восточная часть; Ставропольский край, центральная и восточная части; Республика Калмыкия, южная часть; Республика Дагестан, северная часть	1,91
51	Чу, устье	Бишкекская область; Джамбульская область; Чимкентская область, северная часть	1,89
52	Или, устье	Алма-Атинская область; Талды-Курганская область	0,92
53	Реки Крымского п/о	Крымская область	1,64
54	Реки Кольского п/о	Мурманская область	0,95
55	Онежское озеро	Республика Карелия, центральная и восточная части	0,20

**Приложение 4**

**Предельно допустимые концентрации примесей в водоемах  
рыбохозяйственного значения ПДК<sub>вр</sub>**

1	2
БПК полное	3,0 мг O <sub>2</sub> /л
Аммоний солевой NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,5 (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) = 0,39 (N)
Нитрат-ион NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	40 (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) = 9,0 (N)
Нитрит-ион NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,08 (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) = 0,02 (N)
Нефть и нефтепродукты	0,05
Фенолы	0,001
СПАВ	0,1
Железо (общее)	0,5
Медь	0,01
Цинк	0,010
Хром	0,005
Никель	0,010
Кобальт	0,010
Свинец	0,03
Мышьяк	0,05
Ртуть	0,0005
Кадмий	0,005
Цианиды	0,05
Формальдегид	0,01
Калий (катион)	50,0
Кальций (катион)	180,0
Магний (катион)	40,0
Натрий (катион)	120,0
Сульфаты (анион)	100,0
Хлориды (анион)	300,0
Минерализация	1000,0
Взвешенные вещества	Содержание взвешенных

	веществ по сравнению с природным не должно увеличиваться более чем на 0,75 мг/л
ДДТ	Отсутствие

**Приложение 5**

**Базовые нормативы платы (в руб.) за выброс в атмосферу 1 т. загрязняющих вредных веществ**

Загрязняющее вещество	ПДВ	ВСВ
1	2	3
Азота диоксид	415	2075
Азота оксид	275	1375
Акролеин	550	2750
Акрилонитрил	550	2750
Альдегид пропионовый	1650	8250
Альдегид масляный	1100	5500
Алюминия оксид	415	2075
Аммиак	415	2075
Амины алифатические	5500	27500
Аммиачная селитра	55	275
Ангидрид малеиновый(пары, аэрозоль)	330	1650
Ангидрид серный (серы трехокись)	165	825
Ангидрид сернистый (двуокись серы, серы диоксид)	330	1650
Ангидрид уксусный	550	2750
Ангидрид фталевый (пары, аэрозоль)	165	825
Ангидрид фосфорный	330	1650
Ангидрид хромовый	11600	55000
1	2	3
Анилин	550	2750
Ацетон	50	250

Ацетальдегид (уксусный альдегид)	1650	8250
Ацетофенон (метилфенилкетон)	5500	27500
Барий углекислый (в пересчете на барий)	4125	20625
Белок пыли белково-витаминного концентрата (БВК)	16500	82500
Бенз(а)пирен (3,4-бензпирен)	16500000	82500000
Бензин (нефтяной; малосернистый в пересчете на углерод)	10	50
Бензин сланцевый (в пересчете на углерод)	330	1650
Бензол	165	825
1,3-Бутадиен	15	75
Бутилацетат	165	825
Бор аморфный	1650	8250
Бутил хлористый	235	1175
Бром	415	2075
Бензил хлористый (бензилхлорид)	330	1650
Ванадия пятиокись	8250	41250
Взвешенные твердые вещества - прочие нетоксичные органические и неорганические соединения, не содержащие полициклических ароматических углеводородов, токсичных металлов, двуокись кремния -	110	550
Винилацетат	110	550
Винил хлористый	3300	16500
Водород бромистый	165	825
Водород мышьяковистый (арсин)	8250	41250
1	2	3
Водород фосфористый (фосфин)	16500	82500
Водород фтористый	3300	16500
Водород хлористый (соляная кислота)	85	425
Водород цианистый (водорода цианид,	1650	8250

синильная кислота)		
Вольфрам, вольфрама карбид, силицид	165	825
Гексометилендиамид	16500	82500
Гексан	4	20
Гексахлорциклогексан (гексахлоран)	550	2750
Диоксан (диоксид этилена)	235	1175
Дифенил-метандиизоцианат	16500	82500
Диметиламид	3300	16500
4,4-Диметилдиоксан-1,3	4125	20625
0,0-Диметил-0-(4-нитрофинил) тиосфат	2065	10325
0,0-Диметил-0-(1-окси-2,2,2-трихлорэтил)фосфонат(хлорофос)	825	4125
Диметилсульфид	205	1025
Диметилформаид	550	2750
Динил (смесь 20% дифенила и 75% дифенилоксида)	165	8250
Дихлорфторметан (фреон-12)	1,6	8
Дибутилфталат	165	825
Дивинилбензол	4125	20625
Диоктилфталат	825	4125
Дихлорпропан	90	450
Диэтиламин	330	1650
Дихлорэтан	15	75
Диэтилбензол	3300	16500
Диэтиловый эфир	30	150
Диэтилртуть (в пересчете на ртуть)	55000	275000
1	2	3
Железо (железа оксид в пересчете на железо)	415	2075
Железа хлорид (хлорное железо в пересчете на железо)	4125	20625
Железа сульфат	2355	11775
Золы углей	825	4125
Золы сланцев	165	825

Изопропиламин	1650	8250
Изопрен	415	2075
Изобутилен (2-метилпропан)	165	825
Изопропилбензол (кумол)	1180	5900
Кадмий (оксид кадмия в пересчете на кадмий)	55000	275000
Кальция оксид	55	275
Канифоль (флюс канифольный активированный)	35	175
Калия оксид	165	825
Капролактам	275	1375
Керосин	15	75
Кислота азотная	110	550
Кислота акриловая	415	2075
Кислота валериановая	1650	8250
Кислота капроновая	3300	16500
Кислота масляная	1650	8250
Кислота борная	825	4125
Кислота ортофосфорная	825	4125
Кислота пропионовая	1100	5500
Кислота себациновая	220	1050
Кислота серная	165	825
Кислота терефталевая	16500	82500
Кислота уксусная	275	1375
Крезол	825	4125
Кремния оксид	330	1650
Кобальт металлический	16500	82500
Кобальта оксид	16500	82500
Ксилол	85	425
Ксилидин	1375	6875
Магния оксид	330	1650
Марганец и его соединения в пересчете на диоксид марганца	16500	82500

Медь (оксид меди в пересчете на медь)	8250	41250
Медь серноокислая, хлорная, хлористая (в пересчете на медь)	16500	82500
Мышьяк (неорганические соединения)	5500	27500
Мезидин	5500	27500
Метан	4	20
Метил хлористый (метила хлорид)	275	1375
Метилаль	110	550
Метилен хлористый (метилена хлорид)	2	10
Метилмеркаптан	165000	825000
Метилстирол	415	2075
Метилэтилкетон	165	825
Метилловый эфир метакриловой кислоты (метилметакрилат)	1650	8250
Натр едкий (гидрат оксида натрия, гидроксида натрия)	1650	8250
Натрия оксид	1650	8250
Натрия карбонат	415	2075
Нафталин	5500	27500
$\beta$ -Нафтол	2750	13750
$\alpha$ -Нафтахинон	3300	16500
Никель металлический	16500	82500
Никеля оксид (в пересчете на никель)	16500	82500
Никеля растворимые соли	82500	412500
Нитробензол	2065	10325
Озон	550	2750
Олова хлорид (в пересчете на олово)	330	1650
Пентан	6	30
Перхлорбензол	5500	27500
Пропилен	5	25
Пропилена оксид	205	1025
Пропиленхлоргидрин	1650	8250
Пиридин	205	1025

Пыль древесная	110	550
Пыль извести и гипса	110	550
Пыль каменноугольная	110	550
Пыль коксовая и агломерационная	330	1650
Пыль лубяная, хлопчатобумажная, хлопковая, льняная	330	1650
Пыль шерстяная, пуховая, меховая	550	2750
Пыль неорганическая, содержащая диоксид кремния, в %:		
выше 70 (динас и др.)	330	1650
70-20 (цемент, оливин, апатит, глина, шамот, паолиновый)	165	825
ниже 20 (доломит, слюда, тальк и др.)	110	550
Пыль стекловолокна	275	1375
Пыль стеклопластика	275	1375
Пыль пресс-порошков	165	825
Пыль цементных производств	825	4125
Пыль катализатора	330	1650
Соединения ртути (в пересчете на ртуть)	55000	275000
Ртуть металлическая	55000	275000
Растворитель древесно-спиртовой марки А	135	675
Сажа	330	1650
Свинец сернистый	9705	48525
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	55000	275000
Сероводород	2065	10325
Сероуглерод	3300	16500
Синтетические моющие средства	1650	8250
Скипидар	17	85
Спирт амиловый	1650	8250
Спирт бутиловый (бутанол)	165	825

Спирт диацетоновый	55	275
Спирт изобутиловый	165	825
Спирт изооктиловый	110	550
Спирт изопропиловый (пропанол-2)	30	150
Спирт метиловый (метанол)	35	175
Спирт этиловый (этанол)	3	15
Стирол	8250	41250
Теллура диоксид	35	175
Тетраэтилсвинец	5499995	27499975
Толуидин	660	3300
Тетрагидрофуран	85	425
Тетрахлорэтилен (перхлорэтилен)	275	1375
Титана диоксид	35	175
Толуилендиизоцианат	825	4125
Толуол	30	150
Трихлорметан (хлороформ)	550	2750
1,1,1-Трихлорэтан (метилхлороформ)	85	425
Трихлорэтилен	15	75
Триметиламин	110	550
Трихлорбензол	2065	10325
Триэтаноламин	415	2075
Триэтиламин	120	600
Уайт-онизит	15	75
Летучие низкомолекулярные углеводороды (пары жидких топлив-бензинов и др.) по углероду	10	50
Углерода окись (углерода оксид)	5	25
Углерод четыреххлористый	25	125
Фенол	5500	27500
Формальгликоль (диоксолан-1,3)	3	15
Формальдегид	5500	27500
Фтористый водород (плавиковая кислота)	3300	16500
Фтора газообразные соединения	3300	16500

Фтористые соединения хорошо растворимые (гексафторсиликат натрия, фторид натрия)	1650	8250
Фтористые соединения плохо растворимые (фторид кальция, гексафторлюминат натрия)	550	2750
Фосген	5500	27500
Фурфурол	330	1650
Хлор	550	2750
М-Хлоранилин	1650	8250
Хлорбензол	165	825
Хлоропрен	8250	41250
Хромовый ангидрид (триоксид хрома), хром шестивалентный в пересчете на триоксид хрома	11000	55000
П-Хлорфенол	1650	8250
Циклогексан	10	50
Циклогексанол	275	1375
Циклопентан	165	825
Циклогексаноноксим	165	825
Цинка оксид (цинка окись)	330	1650
Хлорэтил (этил хлористый)	85	425
Циклогексанон	415	2075
Эпихлоргидрин	85	425
Этиленимин	16500	82500
Этилацетат	165	825
Этилбензол	825	4125
Этилен	5	25
Этилена оксид	550	2750
Этиленгликоль	15	75
Этиленхлоргидрин	1650	8250

## Приложение 6

### Базовые нормативы платы (в руб.) за сброс 1 т загрязняющих вредных веществ в поверхностные и подземные водные объекты

Загрязняющее вещество	ПДС	ВСС
Азот аммонийный	5545	27725
Азот нитратный	245	1225
Азот нитритный	110875	554375
Алкил сульфонаты-СПАВ	4435	22175
Алюминий	55440	277200
Аммиак	44350	221750
Анилин	22175000	110875000
Ацетон	44350	221750
Бензол	4435	22175
Бор	130440	652200
БПК	730	3650
Висмут	22175	110875
Ванадий	2217500	11087500
Взвешенные вещества (к фону)	2950	14750
Вольфрам-ион шестивалентный	2771875	13859375
Гидразин-гидрат	8870000	44350000
Глицерин	2220	11100
Декстрин	2220	11100
Дихлорэтан	22175	110875
Диссольван	2465	12325
Желтый железистоокисный пигмент (ГОСТ 18172-72)	22175	110875
Железо двухвалентное	443500	22175000
Железо общее	22175	110875

Изопрен	221750	1108750
Кадмий	443500	2217500
Калий (катион)	45	225
Кальций (катион)	10	50
1	2	3
Капролактам	221750	1108750
Краситель прямой бирюзовый К	55440	277200
Краситель хромовый черный П	73915	369575
Краситель кислотный черный С	44350	221750
Краситель прямой черный З	11090	55450
Ксантогенат бутиловый	73915	369575
Ксилол	44350	221750
Кобальт (катион)	221750	1108750
Латекс ВС-85М	44352	22175
Латекс СКН-40 ИХМ	2175	110875
Латекс сополимера винилидехлорида, вилилхлорида, бутилакрилата и итаконовой кислоты - ВД ВХ БАИк 63Е-ПАЛ	22175	110875
Лимонная кислота	2220	11100
Магний (катион)	55	275
Марганец (двухвалентный ион)	221750	1108750
Масло соляровое	221750	1108750
Масло легкое талловое	22175	110875
Медь (Cu <sup>2+</sup> )	2217500	11087500

Метанол	22175	110875
Моноэтаноламин	221750	1108750
1	2	3
Молибден (ион шестивалентный)	1847915	5239575
Мочевина	30	150
Мышьяк	44350	221750
Натрий (катион)	20	100
Нефть и нефтепродукты в растворенном и эмульгированном состоянии	44350	221750
Никель (катион)	221750	1108750
Нефтяной сульфонат натрия	22175	110875
Олово (по Sn <sup>2+</sup> )	3360	16800
Олово (по Sn <sup>4+</sup> )	22175	110875
ОЖК - окислированные жирные кислоты	570	2850
СП-7 флотореагент	7390	36950
ОП-10 флотореагент	4435	22175
Пигмент железистоокисный (марка КБ)	4435	22175
Пиридин	221750	1108750
Роданид ион	22175	110875
Ртуть (Hg <sup>2+</sup> )	221750000	1108750000
Рубидий	22175	110875
Свинец (ион двухвалентный)	22175	110875
Селен (Se <sup>6+</sup> )	1385940	6929700
Скипидар	11090	55450

1	2	3
Стирол	22175	110875
Сероуглерод	2200	11000
Сухой остаток	2	10
Сульфаты	20	100
Сурьма	44350	221750
Сульфонат на керосиновой основе, натриевая соль алкилсульфокислот	4435	221750
Танниды	220	1100
Тетраэтил-свинец	221750000	1108750000
Тиомочевина	2220	11100
Толуол	4435	22175
Трилон-Б	4435	22175
Фенолы	2217500	11087500
Флотореагент талловый	44350	221750
Фосфаты (по Р)	11090	55450
Формальдегид	22175	110875
Фосфор треххлористый	22175	110875
Фосфор пятихлористый	22175	110875
Фтор-ион	2295	14775
Фурфурол	221750	1108750
Хлориды	7	35
Хром трехвалентный	44350	221750
Хром шестивалентный	110875	554275
Цинк (ион двухвалентный)	221750	1108750
1	2	3
Цезий (Cs <sup>+</sup> )	2218	11090

Цианиды	44350	221750
Фтористый водород (плавиковая кислота)	3300	16500
Фтора газообразные соединения	3300	16500
Фтористые соединения хорошо растворимые (гексафторсиликат натрия, фторид натрия)	1650	8250
Фтористые соединения плохорастворимые (фторид кальция, гексафторлюминат натрия)	550	2750
Фосген	5500	27500
Фурфурол	330	1650
Хлор	550	2750
М-хлоранилин	1650	8250
Хлорбензол	165	825
Хлоропрен	8250	41250
1	2	3
хром шестивалентный в пересчете на триоксид хрома	11000	55000
П-хлорфенол	1650	8250
Циклогексан	10	50
Циклогексанол	275	1375
Цеклопентан	165	825
Циклогексаноноксим	165	825
1	2	3
Цинка оксид (окись цинка)	330	1650
Хлорэтил (этил хлористый)	85	425

Циклогексанон	415	2075
Эпихлоргидрин	85	425
Этиленимин	16500	82500
Этилацетат	165	825
Этилбензол	825	4125
Этилен	5	25
Этилена оксид	550	2750
Этиленгликоль	15	75
Пестициды (по действующим веществам)		
Агрион	3577	17885
Амидин	2217500	11087500
Атразин	443500	2217500
Бентазон	1584	7920
Гетерофос	221750000	1108750000
Глифосфат	2217500	11087500
Далапон	740	3700
Дикват	5156977	25784885
Диурон	1478335	7391675
ДДТ	221750000	1108750000
Каптан	3695835	18479175
Карбарил	4435000	22175000
Линурон	5543750000	221750000
Метазин	2220	11100
Пратион	85288460	426442300
1	2	3
Пиретрин	130441176	652205882
Поликарбацин	9039585	45197925
Пропанид	7391665	36958325
Сензин	923960	4519800
Токсафен	221750000	1108750000
Трихлорацетат натрия	63355	316775
Фентион	221750000	1108750000
Флуазон-бутил	2217500	11087500

## Приложение 7

### Базовые нормативы платы (в руб.) за размещение 1 т отходов

Отходы нетоксичные в пределах установленных лимитов	2,5
Отходы токсичные	
I класс токсичности - чрезвычайно опасные	14000
II класс токсичности - высокоопасные	6000
III класс токсичности - умеренно опасные	4000
IV класс токсичности - малоопасные	2000

Примечание. При размещении отходов в специально обусловленных местах складирования (полигоны), обеспечивающих защиту атмосферы и водных источников, плата за загрязнение природной среды не взимается.

## Приложение 8

### Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы территорий экономических районов Российской Федерации

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЙОН РФ	КОЭФФИЦИЕНТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЗНАЧИМОСТИ	
	АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА	ПОЧВЫ
1	2	3
СЕВЕРНЫЙ	1,4	1,4
СЕВЕРО-ЗАПАДНЫЙ	1,5	1,3
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ	1,9	1,6
ВОЛГО-ВЯТСКИЙ	1,1	1,5
ЦЕНТРАЛЬНО- ЧЕРНОЗЕМНЫЙ	1,5	2,0
ПОВОЛЖСКИЙ	<b>1,5</b>	<b>1,9</b>
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ	<b>1,6</b>	<b>1,9</b>
УРАЛЬСКИЙ	<b>2,0</b>	<b>1,7</b>
ЗАПАДНО-СИБИРСКИЙ	<b>1,2</b>	<b>1,2</b>
ВОСТОЧНО-СИБИРСКИЙ	<b>1,4</b>	<b>1,1</b>
ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>

**Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости  
состояния водных объектов по бассейнам основных рек**

Бассейн Балтийского моря бассейн р. Невы:	
Республика Карелия	1,04-1,22
Ленинградская область	1,11-1,91
Новгородская область	1,11-1,13
Псковская область	1,11-1,13
Тверская область	1,04-1,12
Прочие реки бассейна Балтийского моря	1,04
Бассейн Каспийского моря бассейн реки Волги:	
Вологодская область	1,13-1,14
Новгородская область	1,06
Владимирская область	1,16-1,18
Ивановская область	1,16-1,18
Тверская область	1,16-1,17
Калужская область	1,16-1,17
Костромская область	1,16-1,17
Московская область	1,16-1,24
г. Москва	1,16-1,41
Орловская область	1,16-1,17
Рязанская область	1,16-1,17
Смоленская область	1,16
Тульская область	1,16-1,21
Ярославская область	1,16-1,21
Нижегородская область	1,10-1,18
Кировская область	1,10-1,12
Республика Марий Эл	1,10-1,11
Республика Мордовия	1,10-1,11
Чувашская республика	1,10-1,11
Тамбовская область	1,08-1,09
Астраханская область	1,30-1,31
Волгоградская область	1,30-1,33
Самарская область	1,30-1,42
Пензенская область	1,30-1,31

Саратовская область	1,30-1,33
Ульяновская область	1,30-1,32
Республика Татарстан	1,30-1,40
Оренбургская область	1,09
Пермская область	1,09-1,16
Свердловская область	1,09-1,10
Челябинская область	1,09-1,11
Республика Башкортостан	1,09-1,14
Удмуртская республика	1,09-1,10
Бассейн р. Терек	1,11
Бассейн р. Урал:	
Оренбургская область	1,08-1,81
Челябинская область	1,08-1,31
Республика Башкортостан	1,08-1,19
Прочие реки бассейна Каспийского моря	1,06
Бассейн Азовского моря	
Бассейн р. Дон:	
Орловская область	1,10-1,11
Тульская область	1,10-1,18
Белгородская область	1,11-1,19
Курская область	1,11
Воронежская область	1,11-1,23
Липецкая область	1,11-1,29
Тамбовская область	1,11-1,12
Волгоградская область	1,06-1,08
Пензенская область	1,06-1,07

## Приложение 10

### Предельно допустимые концентрации (мг/кг почвы) химических веществ в почвах

<i>Валовые формы</i>	
Ванадий	150
Марганец	1500
Марганец + ванадий	1000+100
Мышьяк	2,0
Олово	4,5
Ртуть	2,1

Свинец	32
Сурьма	4,5
Хром (+3)	90
Сернистые соединения	160
Сероводород	0,4
Нитраты	130
<i>Водорастворимая форма</i>	
Фтор	10
<i>Подвижные формы</i>	
Свинец	6
Никель	4
Хром	6
Медь	3
Цинк	23
Кобальт	5
Марганец: для черноземов	700
для дерново-подзолистых почв рН 4,0	300
рН 5,1-6,0	400
рН 6,0	500

**Приложение 11**  
**Предельно допустимые концентрации (мг/кг почвы)**  
**органических соединений в почвах**

Агелон	0,15
Акрекс	1,0
Актеллик	0,5
Актеллик 	0,1
Альфа-метилстирол	0,5
Атразин	0,5
Ацетальдегид	10,0
Базудин	0,1
Байлетон + метаболит	0,03
Байфидан	0,02
Банвел Д	0,25
Бенз(а)пирен	0,02

Бензин	0,1
Бензол	0,3
Бетанол	0,25
Валексон	1,0
Гардона	1,4
ГХЦГ (линдан)	0,1
ГХЦГ (гексахлоран)	0,1
ГХБД (гексахлорбутадиен)	0,5
Гептахлор	0,05
Гетерофос	0,05
Глифосат	0,5
Далапон	0,5
2,4-Д-дихлорфеноксиуксусная кислота	0,1
2,4-Д-дихлорфенол	0,05
2,4-Д-аминная соль	0,25
Бутиловый эфир группы 2,4-Д	0,15
Кротиловый эфир группы 2,4-Д	0,15
Октиловый эфир группы 2,4-Д	0,15
Малолетучие эфиры группы 2,4-Д	0,15
2М-4ХП	0,4
2М-4ХМ	0,6
ДДТ и его метаболиты (суммарные количества)	0,1
Децис	0,01
Дилор	0,5
Диурон	0,5
Дурсбан	0,2
Зенкор	0,2
Изатрин	0,05
Изопропилбензол	0,5
Изопропилбензол + альфаметилстирол	0,5
Иодофенфос	0,5
Карбофос	2,0
Кельтан	1,0
Ксилолы (орто-, мета-, пара-)	0,3
Купроцин	1,0
Линурон	1,0
Мезоранил	0,1
Метатион	1,0

Метафос	0,1
Мирал	0,03
Монурон	0,3
Отходы флотации угля (ОФУ)	3000
Пиримор	0,3
Политриазин	0,1
Полихлоркамфен	0,5
Полихлорпинен	0,5
Прометрин	0,5
Пропанид	1,5
Ридомил	0,05
Ринкорд	0,02
Ронит	0,8
Севин	0,05
Семерон	0,1
Симазин	0,2
Сумицидин	0,02
Стирол	0,1
Толуол	0,3
Фенурон	1,8
Фозалон	0,5
Фосфамид	0,3
Формальдегид	7,0
Фталофос	0,1
Фурадан	0,01
Фурфурол	3,0
Хлорофос	0,5
Хлорамп	0,05
Циклофос	0,03
Цинеб	0,2
Энтам	0,9

## Приложение 12

### Ориентировочно безопасные уровни воздействия (мг/кг почвы) пестицидов в почвах

Абат	0,6
Амбуш	0,05
Амибен	0,5

Антио	0,2
Арозин	0,7
Байлетон	0,4
Байтекс	0,4
Бенлат	0,1
Биферан	0,5
БМК	0,1
Бромофос	0,2
Бронокот	0,5
Гексахлорбензол	0,03
Геметрел	0,5
Гербан	0,7
Гидрел	0,5
Дактал	0,1
ДДВФ	0,1
Декстрел	0,5
Дигидрел	0,5
Дифенамид	0,25
Дропп	0,05
Зеллек	0,15
Кампозан	0,5
Каптан	0,1
Карагард	0,4
Которан	0,03
Ленацил	1,0
Лонтрел	0,1
Метазин	0,1
Метоксихлор	1,6
Морфонол	0,15
Нитропирин + 6 ХПК	0,2
Нитрофор	0,2
Офунак	0,05
Пентахлорбифенил	0,1
Пирамин	0,7
Пликтран	0,1
Плондрел	0,15
Поликарбацин	0,6
Полихлорбифенилы (суммарно)	0,06

Препарат А-1	0,5
Промед	0,01
Рамдон	0,2
Реглон	0,2
Ровраль	0,15
Сангор	0,04
Сапроль	0,03
Солан	0,6
Стомп	0,15
Сульфазин	0,1
Сутан	0,6
Тепоран	0,4
Тербацил	0,4
Тиллам	0,6
Тиодан	0,1
Топсин-М	0,4
Тетрахлорбифенилы	0,06
Трефлан	0,1
Триаллат	0,05
Трихлорбифенилы	0,03
ТХАН	0,2
ТХМ	0,1
Фталан	0,3
Хлорат магния	1,0
Хостаквик	0,2
Цианокс	0,4
Цидиал	0,4
Этафос	0,1
Эупарен	0,2
Ялан	0,9

### Приложение 13

#### Показатели уровня загрязнения земель химическими веществами

Элемент, соединение	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
	Уровень 1, допустимый	Уровень 2, низкий	Уровень 3, средний	Уровень 4, высокий	Уровень 5, очень высокий

Неорганические соединения					
Кадмий	< ПДК	ПДК-3	3-5	5-20	> 200
Свинец	< ПДК	ПДК-125	125-250	250-600	> 600
Ртуть	< ПДК	ПДК-3	3-5	5-10	> 10
Мышьяк	< ПДК	ПДК-20	20-30	30-50	> 50
Цинк	< ПДК	ПДК-500	500-1500	1500-3000	> 3000
Медь	< ПДК	ПДК-200	200-300	300-500	> 500
Кобальт	< ПДК	ПДК-50	50-150	150-300	> 300
Никель	< ПДК	ПДК-150	150-300	300-500	> 500
Молибден	< ПДК	ПДК-40	40-100	100-200	> 200
Олово	< ПДК	ПДК-20	20-50	50-300	> 300
Барий	< ПДК	ПДК-200	200-400	400-2000	> 2000
Хром	< ПДК	ПДК-250	250-500	500-800	> 800
Ванадий	< ПДК	ПДК-225	225-300	300-350	> 350
Фтор водорастворимый	< ПДК	ПДК-15	15-25	25-50	> 5
Органические соединения					
Хлорированные углеводороды (в том числе хлорсодержащие пестициды ДДТ, ГХЦГ, 2,4-Д и др.)	< ПДК	ПДК-5	5-25	25-50	> 50
Хлорфенолы	< ПДК	ПДК-1	1-5	5-10	> 10
Фенолы	< ПДК	ПДК-1	1-5	5-10	> 10
Полихлорбифенилы	< ПДК	ПДК-2	2-5	5-10	> 10
Циклогексан	< ПДК	ПДК-6	6-30	30-60	> 60
Пиридины	< ПДК	ПДК-0,1	0,1-2	2-20	> 20

Стирол	< ПДК	ПДК-5	5-20	20-50	> 50
Нефть и нефтепродукты	< ПДК	ПДК-2000	2000-3000	3000-5000	> 5000
Бенз(а)пирен	< ПДК	ПДК-0.1	0.1-0.25	0.25-0.5	> 0.5
Бензол	< ПДК	ПДК-1	1-3	3-10	> 10
Толуол	< ПДК	ПДК-10	10-50	50-100	> 100
Альфа-метилстирол	< ПДК	ПДК-3	3-10	10-50	> 50
Ксилолы (орто-, мета-, пара-)	< ПДК	ПДК-3	3-30	30-100	> 100
Нитраты	< ПДК	ПДК	-	-	-
Сернистые соединения	< ПДК	ПДК-180	180-250	250-380	> 380

#### Приложение 14

### Нормативы стоимости освоения новых земель взамен изымаемых сельскохозяйственных угодий для несельскохозяйственных нужд (по состоянию на 1 ноября 1992 г.)

Типы и подтипы почв на изымаемых участках	Нормативы стоимости освоения, тыс. руб./га	
	под пашню, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища коренного улучшения	под сенокосы и пастбища
<b>I зона:</b>		
Архангельская и Мурманская области	1277	800
Дерново-карбонатные, торфяные окультуренные	1842	1456
Дерновые и дерново-оподзоленные, старопойменные	1663	1339
Дерново-подзолистые легкосуглинистые и супесчаные	1394	1125

Дерново-подзолистые тяжело- и среднесуглинистые	1125	476
Дерново-подзолистые эродированные	773	324
Дерново-подзолистые глеевые, иловато-болотные, торфянисто-болотные	531	235
<b>II зона:</b>		
Брянская, Владимирская, Вологодская, Ивановская, Калужская, Тверская, Кировская, Костромская, Новгородская, Пермская, Псковская, Смоленская и Ярославская области	809	477
Темно-серые лесные, дерново-карбонатные, торфяные окультуренные	978	785
Серые и светло-серые лесные, дерново-слабоподзолистые, старопойменные луговые, дерновые на бескарбонатных породах	909	716
Темно-серые лесные и дерново-карбонатные эродированные	862	385
Дерново-подзолистые, серые, светло-серые лесные, луговые глееватые	808	362
Дерново-подзолистые, серые и светло-серые лесные - эродированные; пойменные луговые глееватые	624	262
Дерново-подзолистые, серые и светло-серые лесные глеевые; пойменные луговые глеевые, торфянисто-глеевые	524	239
Иловато-болотные, болотные низинные	454	193
Почвы овражно-балочного комплекса	-	123
<b>III зона:</b>		
Нижегородская, Орловская, Рязанская и Тульская области	1556	946
Черноземы всех подтипов сверхмощные и мощные тучные и среднегумусные; торфяные окультуренные	1929	1556
Черноземы всех подтипов среднемощные; черноземы сверхмощные и мощные - эродированные; лугово-черноземные и старопойменные луговые	1847	1474
Черноземы всех подтипов маломощные	1720	1392

малогумусные и слабогумусные, черноземы среднемоштные эродированные; темно-серые лесные		
Черноземы всех подтипов маломощные и темно-серые лесные почвы - эродированные; дерново-карбонатные	1602	1274
Серые и светло-серые лесные, дерново-слабоподзолистые	1520	1229
Серые и светло-серые лесные - глееватые, дерново-подзолистые, дерново-луговые	1392	655
Серые, светло-серые лесные и дерново-подзолистые - эродированные	1229	573
Аллювиальные луговые глееватые и глеевые	1065	491
Иловато-болотные, лугово-болотные и торфянисто-болотные	901	410
Почвы овражно-балочного комплекса	-	209
<b>IV зона:</b>		
Белгородская, Воронежская, Самарская, Курская, Липецкая, Пензенская, Тамбовская и Ульяновская области	1789	1092
Черноземы всех подтипов сверхмощные и мощные тучные и среднегумусные; торфяные окультуренные	2538	2007
Черноземы всех подтипов среднемоштные; черноземы сверхмощные и мощные - эродированные; лугово-черноземные и старопойменные луговые	2101	1664
Черноземы всех подтипов маломощные малогумусные; черноземы среднемоштные эродированные; темно-серые лесные	1924	1529
Черноземы маломощные карбонатные и солонцеватые; темно-каштановые	1747	1394
Черноземы всех подтипов маломощные и темно-серые лесные почвы - эродированные; дерново-карбонатные	1612	1310
Серые и светло-серые лесные, дерново-слабоподзолистые	1352	1092
Серые и светло-серые лесные - глееватые,	1227	478

дерново-подзолистые, дерново-луговые		
Серые и светло-серые лесные и дерново-подзолистые - эродированные; солонцы глубокие	1134	437
Аллювиальные луговые глеевые	1009	395
Иловато-болотные, лугово-болотные, торфянисто-болотные	738	302
Почвы овражно-балочного комплекса, солончаки	-	218
<b>V зона:</b>		
Астраханская, Волгоградская и Саратовская области	1198	770
Черноземы всех подтипов среднемоштные среднегумусные и малогумусные; лугово-черноземные	1840	1455
Черноземы всех подтипов маломощные малогумусные и слабогумусные, черноземы среднемоштные эродированные; старопойменные луговые	1626	1284
Черноземы всех подтипов маломощные среднегумусные и малогумусные солонцеватые	1370	1113
Черноземы всех подтипов маломощные малогумусные и слабогумусные - эродированные; темно-каштановые, дерново-карбонатные; лугово-черноземные солонцеватые, лугово-каштановые	1156	942
Темно-каштановые эродированные, каштановые и светло-каштановые; глубокие солонцы; пойменные луговые солонцеватые	984	514
Пойменные и лиманные лугово-глееватые; каштановые и светло-каштановые солонцеватые; средние солонцы	770	385
Светло-каштановые и бурые - сильносолонцеватые и солончаковатые	556	300
Лугово-болотные, болотные иловатые; солонцы мелкие и корковые, солончаки; почвы овражно-балочного комплекса	-	171
<b>VI зона:</b>		

Краснодарский край	4480	2419
Черноземы всех подтипов сверхмощные и мощные	5414	4352
Черноземы всех подтипов среднемощные; черноземы сверхмощные и мощные слабоэродированные, почвы рисовых систем	4301	3418
Черноземы всех подтипов маломощные; черноземы сверхмощные и мощные - средне-и сильноэродированные; дерново-карбонатные; лугово-черноземные, старопойменные луговые	3891	3123
Черноземы слитные, темно-серые лесные, темно-бурые лесные	3302	2650
Черноземы маломощные солонцеватые; темно-каштановые; лугово-черноземные солончаковатые; серые и бурые лесные, желтоземы, коричневые, перегнойно-карбонатные	3059	2470
Темно-каштановые солонцеватые, лугово-черноземные слитые; дерново-карбонатные щебнистые, горно-луговые	2714	2176
Старопойменные солонцеватые и солончаковатые; серые лесные оглеенные и оподзоленные, луговые осолоделые и солоди	2355	704
Пойменные солончаковатые и оглеенные; лугово-болотные, перегнойно-глеевые, торфяно-глеевые торфяники	1779	525
Пойменные примитивные; почвы овражно-балочного комплекса; солончаки, солонцы мелкие и средние, луговые и лугово-степные	-	358
<b>VII зона:</b>		
Ставропольский край, Ростовская область	2132	1155
Черноземы всех подтипов сверхмощные и мощные тучные и среднегумусные	3812	3056

Черноземы всех подтипов среднесиловые тучные и среднесиловые; черноземы сверхсиловые и силовые - эродированные; старопойменные луговые; лугово-черноземные силовые и среднесиловые	2888	2310
Черноземы всех подтипов малосиловые малосиловые и слабосиловые; черноземы среднесиловые эродированные; лугово-черноземные солонцеватые и слабосолонные; дерново-карбонатные среднесиловые	2027	1617
Черноземы всех подтипов малосиловые и дерново-карбонатные почвы - эродированные; лугово-черноземные солонцеватые; горные лесные бурые	1733	1386
Темно-каштановые; каштановые луговые, лугово-черноземные солончакватые	1565	1271
Лугово-черноземные слитые, каштановые, коричневые и лугово-каштановые; черноземовидные песчаные	1502	525
Темно-каштановые, горные коричневые и буроземные - эродированные	1386	462
Лугово-черноземные сильносолонцеватые и глееватые; солонцы глубокие; светло-каштановые, горные коричневые, луговые и лугово-каштановые - солончакватые	1218	409
Солонцы средние степные и луговые, почвы закрепленных песчаных массивов, луговые солончакватые и глеевые	987	347
Лугово-болотные солончакватые, солонцы мелкие и корковые, почвы овражно-балочного комплекса	-	294
<b>VIII зона:</b>		
Курганская, Оренбургская, Свердловская и Челябинская области	1579	893
Черноземы всех подтипов силовые тучные и среднесиловые; торфяные окультуренные	1899	1523
Черноземы всех подтипов среднесиловые;	1739	1372

лугово-черноземные тучные и среднегумусные		
Черноземы всех подтипов маломощные; черноземы среднемощные эродированные; темно-серые лесные, лугово-черноземные и старопойменные луговые	1579	1260
Черноземы всех подтипов маломощные, темно- серые лесные почвы - эродированные; лугово- черноземные солонцеватые	1372	1109
Темно-каштановые; лугово-степные; черноземы неполноразвитые	1260	996
Темно-каштановые эродированные; серые и светло-серые лесные; дерново- слабоподзолистые; каштановые, луговые солонцеватые	1053	846
Серые и светло-серые лесные и дерново- подзолистые - эродированные; каштановые эродированные, светло-каштановые; глубокие солонцы	846	320
Дерново-подзолистые и дерновые - глеевые; светло-каштановые и лугово-солонцевато- солончаковатые, солонцы средние	686	263
Солонцы мелкие и корковые; солончаки; иловато-болотные, торфяно-болотные; почвы овражно-балочного комплекса	-	207
<b>IX зона:</b>		
Алтайский край, Кемеровская, Новосибирская, Омская, Томская и Тюменская области	1238	574
Черноземы всех подтипов и лугово- черноземные почвы - мощные тучные и среднегумусные; торфяные окультуренные	1427	1140
Черноземы всех подтипов и лугово- черноземные почвы - среднемощные тучные и среднегумусные; черноземы мощные эродированные	1287	1050
Черноземы всех подтипов и лугово- черноземные почвы - маломощные; темно- серые лесные; старопойменные луговые	1140	902
Черноземы всех подтипов маломощные	951	763

эродированные и солонцеватые; лугово-черноземные солонцеватые; аллювиальные луговые		
Серые и светло-серые лесные; темно-каштановые эродированные, каштановые, лугово-каштановые; дерново-подзолистые	853	664
Светло-каштановые, каштановые солонцеватые, глубокие солонцы	664	287
Луговые солончаковые глееватые; солонцы средние	615	238
Солонцы мелкие и корковые, солончаки; лугово-болотные; почвы овражно-балочного комплекса	-	188
<b>Х зона:</b>		
Красноярский край, Иркутская и Читинская области	705	421
Черноземы всех подтипов и лугово-черноземные почвы - мощные тучные и среднегумусные; торфяные окультуренные	1023	808
Черноземы всех подтипов и лугово-черноземные почвы - среднемоштные; старопойменные луговые	955	774
Черноземы всех подтипов и лугово-черноземные почвы - маломощные; темно-серые лесные	636	490
Черноземы всех подтипов маломощные и темно-серые лесные почвы - эродированные; лугово-черноземные солонцеватые	568	456
Темно-каштановые, лугово-каштановые; серые и светло-серые лесные	525	421
Каштановые; серые и светло-серые лесные - эродированные; луговые солонцеватые, глубокие солонцы	456	215
Каштановые солонцеватые, луговые солончаковатые, средние солонцы	421	181
Солонцы мелкие и корковые, солончаки; лугово-болотные; почвы овражно-балочного комплекса	-	138

<b>XI зона:</b>		
Приморский и Хабаровский края, Амурская, Камчатская, Магаданская и Сахалинская области	1448	825
Луговые черноземовидные; бурые лесные; старопойменные луговые; буроземные лесные	1515	1208
Лугово-бурые, бурые лесные оподзоленные	1418	1140
Лугово-бурые глееватые, аллювиальные дерново-глеевые	1313	1035
Бурые лесные глееватые и глеевые, торфянистые и торфяные	1208	480
Буро-подзолистые мерзлотные; дерново-глееватые	1140	450
Лугово-бурые оподзоленные глееватые, бурые лесные эродированные	998	383
Мерзлотные болотные; бурые лесные сильноэродированные	863	345
<b>XII зона:</b>		
Калининградская, Ленинградская области и Санкт-Петербург	2081	1460
Дерново-карбонатные; дерново-подзолистые; аллювиальные дерновые; торфяные низинные и переходные - окультуренные	2592	2081
Дерново-подзолистые глееватые; аллювиальные дерновые глееватые	2270	1810
Дерново-подзолистые глееватые песчаные и супесчаные средне- и сильнокаменистые; торфянисто-глееватые	1840	1460
Аллювиальные дерновые глеевые, иловато-болотные	1431	701
Торфянисто-болотные, торфяно-болотные	1029	511
<b>XIII зона:</b>		
Московская область и город Москва	2100	1130
Черноземы оподзоленные; темно-серые лесные и лугово-черноземные	2759	2207
Серые лесные	2314	1851
Дерново-подзолистые суглинистые	2100	1682
Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные	1931	1549

Серые лесные смытые	1735	605
Дерново-подзолистые оглеенные и смытые	1460	525
Дерново-подзолистые супесчаные и песчаные - смытые	881	356
Пойменные дерновые зернистые и зернисто-слоистые; торфяные и окультуренные	2510	2011
Другие пойменные почвы	1655	1326
Почвы овражно-балочного комплекса	-	169

Примечания: 1. Потери сельскохозяйственного производства при изъятии земельных участков, используемых для выращивания сельскохозяйственных культур и под многолетние насаждения на землях, предоставленных для личного подсобного хозяйства, садоводства, огородничества, животноводства, индивидуального жилищного строительства, дачного строительства, а также выделенных под служебные земельные наделы, определяются в размере норматива стоимости освоения новых земель под пашню, а при изъятии земельных участков, используемых для сенокоса и пастбища скота на этих землях, - в размере норматива стоимости освоения под сенокосы и пастбища.

2. Указанные нормативы уточняются по мере необходимости Комитетом Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству на основе данных государственной статистики о поквартальной индексации цен на оборудование и материалы, применяемые при освоении новых земель, и расценок на соответствующие строительные монтажные работы.