

Министерство образования и науки РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»  
Новотроицкий филиал

---

Кафедра металлургических технологий

---

**Е.П. Большина**

## **ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Курс лекций**

Новотроицк, 2012

УДК 502.7.719: 628.5

ББК 20.1

Бол - 79

Рецензенты:

*Заведующий кафедрой электроснабжения и энергообеспечения*

*Орского филиала ОГТИ ГОУ ОГУ, к.т.н.,*

***В.И. Барбаев***

*Главный специалист ОАО «Уральская Сталь» по сырьевым ресурсам, к.т.н.,*

***А.А. Панычев***

**Большина Е.П.**

Экология металлургического производства: Курс лекций. – Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2012. – 155 с.

В курсе лекций раскрываются проблемы экологии, связанные с металлургическим производством.

Рассматриваются последствия воздействия предприятий черной металлургии на окружающую среду; перечисляются мероприятия по снижению газообразных выбросов металлургических предприятий и основные принципы по выбору газоочистных аппаратов; принципы создания экологически чистого производства; процедура создания экологически чистого производства; основные направления по сокращению выбросов и отходов черной металлургии; система экологического мониторинга.

Лекционный курс по дисциплине «Экология металлургического производства» предназначен для студентов специальностей: 150101 «Металлургия черных металлов», 150106 «Обработка металлов давлением».

*Рекомендовано Методическим советом НФ НИТУ «МИСиС»*

© ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,  
Новотроицкий филиал, 2012.

## Содержание

Введение	6
<b>Раздел 1 Воздействие черной металлургии на окружающую среду</b>	7
Лекция 1 Воздействие металлургических предприятий на окружающую среду	7
1.1 Воздействие металлургических предприятий на атмосферу	7
1.2 Сточные воды металлургического производства	10
1.3 Твердые отходы металлургических предприятий	12
Лекция 2 Загрязнения и отходы в металлургическом производстве	13
2.1 Загрязнение окружающей среды предприятиями металлургической отрасли	13
2.2 Классификации загрязнений	15
Лекция 3 Способы очистки сточных вод металлургического производства	19
3.1 Определение и классификация промышленных сточных вод	19
3.2 Современные способы очистки сточных вод	21
Лекция 4 Мероприятия по улавливанию пыли и газов металлургического производства	23
4.1 Санитарная охрана атмосферного воздуха	23
4.2 Планировочные мероприятия по снижению приземных концентраций вредных веществ	27
4.3 Технологические мероприятия по снижению вредных выбросов в атмосферу	27
Лекция 5 Улавливание грубой пыли	29
5.1 Классификация пылеулавливающих аппаратов	29
5.2 Аппараты инерционного типа	30
5.3 Центробежные пылеуловители	32
Лекция 6 Мокрое пылеулавливание	34
6.1 Достоинства и недостатки мокрых пылеуловителей	34
6.2 Пылеулавливающие аппараты с промывкой газа жидкостью	35
6.3 Пылеуловители с осаждением пыли на пленку жидкости	37
Лекция 7 Очистка газов от тонкой пыли	40
7.1 Фильтрующие аппараты	40
7.2 Электрофильтры	43
Лекция 8 Общие рекомендации по выбору газоочистных аппаратов	45
<b>Раздел 2 Общие принципы создания экологически чистой металлургии</b>	48
Лекция 9 Историческая обусловленность создания экологически чистого производства	48
Лекция 10 Устойчивое экологически безопасное развитие	52
Лекция 11 Основные компоненты экологически чистого производства	56
<b>Раздел 3 Процедура создания экологически чистого производства</b>	64
Лекция 12 Экобалансы – критерий перспективности промышленных технологий	64
12.1 Понятие экобаланса	64
12.2 Пример расчета экобаланса	65
Лекция 13 Экологическая паспортизация объектов и технологий	69
13.1 Цели и задачи экологической паспортизации	70
13.2 Порядок экологической паспортизации объектов	71
13.3 Методологические особенности экологической паспортизации промышленных объектов и технологий	72
<b>Раздел 4 Современные технологии (процессы, агрегаты) и тенденции создания экологически безопасного металлургического производства</b>	74
Лекция 14 Эффективные технические решения по снижению пылегазовых выбросов коксохимического производства: при углеподготовке и загрузке коксовых печей	74
14.1 Улавливание пыли в углеподготовительных цехах и при обогащении углей перед коксованием	75
14.2 Снижение выбросов при загрузке коксовых печей	76

Лекция 15 Эффективные технические решения по снижению пылегазовых выбросов при выдаче и тушении кокса. Очистка коксовых газов	81
15.1 Снижение выбросов при выдаче кокса	82
15.2 Пылеподавление при тушении кокса и на коксортировке	85
15.3 Очистка газов при производстве кокса	88
Лекция 16 Защита окружающей среды от вредных воздействий агломерационного производства и производства окатышей	89
16.1 Защита атмосферы от вредных выбросов агломерационного производства и производства окатышей	90
16.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами агломерационного производства	93
16.3 Уменьшение выбросов агломерационного производства технологическим путем	94
Лекция 17 Защита окружающей среды от вредных воздействий доменного производства	94
17.1 Защита атмосферы от вредных выбросов доменного производства	95
17.2 Защита естественных водоемов от загрязнений сточными водами доменного производства	99
17.3 Уменьшение вредных выбросов технологическим путем	101
Лекция 18 Защита окружающей среды от вредных воздействий ферросплавного производства	102
18.1 Защита атмосферы от вредных выбросов ферросплавного производства	102
18.2 Защита естественных водоемов от загрязнений сточными водами ферросплавного производства	105
18.3 Уменьшение вредных выбросов технологическим путем	106
Лекция 19 Защита атмосферы от вредных воздействий сталеплавильного производства	107
19.1 Мартеновское производство стали	108
19.2 Конвертерное производство стали	110
19.3 Электросталеплавильное производство	114
Лекция 20 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами сталеплавильного производства и технологические пути снижения выбросов	117
20.1 Мартеновское производство	117
20.2 Конвертерное производство	117
20.3 Электросталеплавильное производство	118
20.4 Уменьшение вредных выбросов сталеплавильного производства технологическим путем	119
Лекция 21 Защита окружающей среды от вредных воздействий литейного производства	120
21.1 Защита атмосферы от вредных выбросов литейного производства	120
21.2 Защита естественных водоемов от загрязнений сточными водами литейного производства	123
21.3 Уменьшение вредных выбросов технологическим путем	124
Лекция 22 Защита окружающей среды от вредных воздействий прокатного производства	125
22.1 Защита атмосферы от вредных выбросов прокатного производства	125
22.2 Защита естественных водоемов от загрязнений сточными водами прокатного производства	128
22.3 Уменьшение вредных выбросов технологическим путем	130
Лекция 23 Перспективы развития малоотходных производств в черной металлургии	131
23.1 Основные направления сокращения выбросов и отходов предприятий черной металлургии	131
23.2 Новые направления металлургического производства	135
Лекция 24 Тенденции создания экологически безопасного металлургического	

производства	138
24.1 Основные пути сокращения водопотребления предприятиями черной металлургии	139
24.2 Использование отходов предприятий черной металлургии	140
<b>Раздел 5 Система экологического мониторинга металлургического производства</b>	143
Лекция 25 Организация и структура экологического контроля	143
25.1 Цели и задачи экологического контроля	143
25.2 Инженерно-методические вопросы нормирования экологического контроля	143
25.3 Комплексный инженерно-экологический мониторинг	144
25.4 Характеристика технических средств получения и обработки информации в составе комплексного мониторинга	147
25.5 Экологический ущерб	148
25.6 Ответственность за нарушение экологического законодательства	150
Библиографический список	153

## Введение

Металлургическая отрасль находится на втором месте среди всех других отраслей промышленности по атмосферным выбросам. Предприятия черной и цветной металлургии при извлечении металлов вынуждены использовать руду с очень низким содержанием полезных компонентов. Таким образом, на обогащение и плавку поступает огромный объем руды, а это, в свою очередь, порождает большие количества отходящих газов из неиспользуемых компонентов. Именно загрязнение атмосферы является главной причиной экологических проблем, возникающих в результате деятельности металлургических гигантов. Выбросы из труб приводят к загрязнениям почв, уничтожению растительности и образованию техногенных пустошей вокруг крупных заводов. К тому же, экологические проблемы отечественной металлургии обостряются из-за высокого износа оборудования и устаревших технологий. По данным Минпромэнерго, до 70% всех мощностей в отечественной металлургической промышленности являются изношенными, устаревшими и убыточными.

Как следует из подготовленного Росстатом бюллетеня «Основные показатели охраны окружающей среды», на металлургию (черную и цветную) приходится примерно треть всех промышленных выбросов в атмосферу, в то время как продукция предприятий металлургических предприятий составляет лишь 17% от общего объема промпроизводства. Правда, загрязняют атмосферу металлурги по-разному. Предприятия черной металлургии «специализируются», прежде всего, на оксиде углерода, которого выбрасывают в воздух по 1,5 млн. тонн в год. Производители цветных металлов больше «предпочитают» диоксид серы, которым обогащают атмосферный воздух на 2,5 млн. тонн ежегодно. Всего металлургические предприятия выбрасывают в атмосферу 5,5 млн. тонн загрязняющих веществ. Все это в итоге выпадает на головы жителей крупных металлургических центров. Существуют регионы, для которых присутствие металлургического комбината становится главной, если не единственной экологической проблемой. Например, Новолипецкий металлургический комбинат дает 88% всех выбросов загрязняющих веществ в Липецкой области. Крупные металлургические центры - Кемерово, Липецк, Магнитогорск и Новокузнецк - включены в список городов с наибольшим уровнем загрязнения атмосферного воздуха. Аэрогенная нагрузка загрязняющих веществ в городах Орске и Новотроицке составила 0,71т/жителя и 1,9т/м<sup>2</sup>, 0,83т/жителя и 1,7т/м<sup>2</sup> соответственно.<sup>1</sup>

Разумеется, страдают от деятельности металлургических предприятий не только воздух, но и вода, и почва. Особенность сточных вод, например, у предприятий цветной металлургии заключается в том, что они содержат большое количество тяжелых металлов, которые имеют способность накапливаться в донных отложениях и аккумулироваться в трофических цепях. Деградируют экосистемы многих примыкающих к комбинатам рек и озер. За последние годы доля металлургии в общем объеме сброса сточных вод выросла с 16,5 до 17,9%.

Нельзя сказать, что металлурги ничего не вкладывают в экологию. По данным статистики, инвестиции металлургических предприятий, связанные с охраной окружающей среды составили более 4 млрд. рублей. Однако, эта сумма не может решить всех проблем, к тому же доля металлургии в общем объеме экологических инвестиций постепенно падает. И хотя многие промышленные предприятия и декларируют, что выделили большие суммы на природоохранные цели, общественности крайне редко удается узнать, куда именно пошли эти деньги. Государство же в отношениях с промышленными гигантами пока проявляет принципиальность только в налоговых вопросах.

---

<sup>1</sup> Катастрофа местного масштаба /И.Смирнов//Орская хроника, 9 ноября 2011г., с.5

# Раздел 1 Воздействие черной металлургии на окружающую среду

## Лекция 1 Воздействие металлургических предприятий на окружающую среду

### 1.1 Воздействие металлургических предприятий на атмосферу

#### 1.2 Сточные воды металлургического производства

#### 1.3 Твердые отходы металлургических предприятий

Металлы играют в экономике любой страны исключительно важную роль.

В то же время металлургия, в частности черная, является мощнейшим загрязнителем окружающей среды (ОС).

Современное металлургическое предприятие по производству черных металлов имеет следующие основные переделы: производство окатышей и агломерата, коксохимическое, доменное, сталеплавильное и прокатное производства. В состав предприятий могут входить также ферросплавное, огнеупорное и литейное производства. Все они являются источниками загрязнения атмосферы и водоемов. Кроме того, металлургические предприятия занимают большие производственные площади и отвалы, что предполагает отчуждение земель. Концентрация вредных веществ в атмосфере и водной среде крупных металлургических центров значительно превышают нормы.

Неблагоприятная экологическая обстановка наблюдается в таких металлургических городах России, как Липецк, Магнитогорск, Нижний Тагил, Новокузнецк, Челябинск, Череповец и др.

Вредное воздействие металлургических предприятий обуславливается рядом причин:

-недоучет при размещении городов экологического воздействия промышленных предприятий, в результате чего многие из них находятся в непосредственной близости к жилым районам;

-использование на старых металлургических заводах устаревших технологических процессов и технологического оборудования, при работе которого в атмосферу выделяется большее (по сравнению с современным производством) удельное количество загрязняющих веществ;

-недостаточная оснащенность технологических агрегатов системами очистки и обезвреживания и неэффективная работа действующих пыле- и газоочистных установок;

-значительное количество на предприятиях децентрализованных систем отвода и очистки газов и соответственно большое количество мелких источников загрязнения атмосферы с трубами относительно малой высоты.

### 1.1 Воздействие металлургических предприятий на атмосферу

Все известные технологические процессы, производства чугуна, стали и их последующего передела сопровождаются образованием больших количеств отходов в виде вредных газов и пыли, шлаков, шламов, сточных вод, содержащих различные химические компоненты, скрапа, окалины, боя огнеупоров, мусора и других выбросов, которые загрязняют атмосферу, воду и поверхность земли.

Все металлургические переделы являются источниками загрязнения пылью, оксидами углерода и серы (таблица 1).

Таблица 1 - Газовые выбросы (до очистки) металлургического производства

Составляющие выбросов	Агломерационное производство, кг/т агломерата	Доменное производство, кг/т чугуна	Сталеплавильное производство, кг/т стали	Прокатное производство
1	2	3	4	5
Пыль	20-25	100-106	13-32	0,1-0,2 кг/т проката
Оксид углерода	20-50	600-605	0,4-0,6	0,7 т/м поверхности металла
Оксиды серы	3-25	0,2-0,3	0,4-35	0,4 т/м поверхности металла
Оксиды азота			0,3-3,0	0,5 т/м поверхности металла

Продолжение таблицы 1				
1	2	3	4	5
Сероводород		10-60		
Аэрозоли травильных растворов				в травильных отделениях
Пары эмульсии				при металлообработке

Современное металлургическое предприятие является сложным производственным комплексом, включающим самые разнообразные цехи, а иногда отдельные заводы, которые в значительной степени ухудшают состояние ОС (таблица 2).

Таблица 2 - Источники регламентированных выбросов газа основных переделов металлургического предприятия

Вид производства	Основные операции	Вспомогательные операции
Агломерационное и производство окатышей	Спекание агломерационной шихты, охлаждение агломерата и возврата, обжиг окатышей	Дробление, грохочение и транспортировка шихты
Доменное	Загрузка шихтовых материалов, выплавка и разливка чугуна	Доставка в доменный цех шихтовых материалов и выгрузка на рудном дворе и в бункеры эстакады
Сталеплавильное	Выплавка и разливка стали, загрузка шихтовых материалов в печь	
Прокатное	Нагрев заготовки, зачистка металла	Резка металла на ножницах, удаление окалины, травление металла, охлаждение валков
Ферросплавное	Выплавка ферросплавов и выпуск их из печи, загрузка шихтовых материалов	Грануляция, охлаждение, отгрузка металла, сушка, подогрев, очистка ковшей; размягчение и коксование электродной массы

В доменном производстве выделяются дополнительно сероводород и оксиды азота, в прокатном – аэрозоли травильных растворов, пары эмульсий и оксиды азота. Наибольшее количество выбросов – в коксохимическом производстве. Здесь кроме перечисленных загрязнителей можно отметить пиридиновые основания, ароматические углеводороды, фенолы, аммиак, 3-4-бензопирен, синильную кислоту и др.

На долю предприятий черной металлургии приходится 15-20% общих загрязнений атмосферы промышленностью, что составляет более 10,3 млн. т вредных веществ в год, а в районах расположения крупных металлургических комбинатов – до 50%.

В среднем на 1 млн. т годовой продукции заводов черной металлургии выделение составляет, т/сутки: пыли - 350, сернистого ангидрида – 200, оксида углерода – 400, оксидов азота – 42.

Основными источниками загрязнения атмосферы выбросами металлургических предприятий являются коксохимическое, агломерационное, доменное, ферросплавное и сталеплавильное производства.

Коксохимическое производство загрязняет атмосферу окислами углерода и серы. На 1 т перерабатываемого угля выделяется около 0,75 кг SO<sub>2</sub> и по 0,03 кг различных углеводородов и аммиака. Кроме газов, коксохимическое производство выделяет в атмосферу большое количество пыли. Имеются данные, что при производстве кокса на 1 т перерабатываемого

угля выделяется около 3 кг угольной пыли. Также большое количество пыли выделяется при разгрузке и перегрузке угля, в среднем 0,005% от массы угля.

На аглофабриках источниками загрязнения воздуха являются аглоленты, барабанные и чашевые охладители агломерата, обжиговые печи, узлы пересыпки и сортировки агломерата и других компонентов шихты. Количество агломерационных газов 2,5-4,0 тыс. м<sup>3</sup>/т полученного агломерата с содержанием в них пыли от 5 до 10 г/м<sup>3</sup>. В состав газов входят оксиды серы и углерода, а пыль содержит железо и его оксиды, оксиды марганца, магния, фосфора, кремния, кальция, иногда частицы титана, меди, свинца.

Доменное производство характеризуется образованием большого количества доменного газа ( $\approx$  2-4 тыс. м<sup>3</sup>/т чугуна). Этот газ содержит оксиды углерода и серы, водород, азот, некоторые другие газы и большое количество колошниковой пыли (до 150 кг/т чугуна). Пыль содержит окислы железа, кремния, марганца, кальция, магния, частицы шихтовых материалов.

Основные источники загрязнения воздуха при производстве ферросплавов – электродуговые печи. Выбросы этих печей состоят из нетоксичной и токсичной пыли (окислы железа, меди, цинка, свинца, хрома, кремния, газы).

В зависимости от вида выплавляемого сплава и мощности печей суммарное количество пыли, образующейся в результате технологических процессов, может составлять сотни тонн в сутки. При этом  $\text{Cr}^{+6}$  и пыль обнаруживают на расстоянии до 3 км от источника загрязнения. Заводы, выплавляющие ферросилиций, загрязняют атмосферный воздух в радиусе 2-3 км мельчайшими частицами  $\text{SiO}_2$ , наибольшее содержание которых наблюдается на расстоянии около 0,5 км от предприятия.

Промвыбросы феррованадиевого производства загрязняют атмосферу пылью, окислами ванадия, хлористого водорода на расстоянии до 2 км от завода.

При производстве чугуна и стали количество вредных выбросов также зависит от вида плавильного агрегата. Так, при производстве чугуна в литейном производстве, наибольшее количество выбросов зарегистрировано при использовании вагранок (количество газов достигает 1 тыс. м<sup>3</sup>/т чугуна). В них содержится 3-20 г/м<sup>3</sup> пыли, 5-20%  $\text{CO}_2$ , 5-17%  $\text{CO}$ , до 05%  $\text{SO}_2$ . Основной составляющей пыли является кремнезем – до 45%.

В электродуговых печах на каждую тонну жидкой стали образуется 10-20 кг пыли из соединений железа, марганца, алюминия, кремния, магния, хлора, хрома и фосфора. Для сравнения, при плавке в индукционных печах образующихся пыли и газов в 5 раз меньше.

Большое количество вредных выбросов образуется и при подготовительных работах, и при последующей обработке металла. При выпуске чугуна из вагранки, например, в заливочные ковши на 1 т выделяется до 20 г графитовой пыли и до 130 г  $\text{CO}$ . Смесеподготовительные отделения являются источниками выделения кварцевой пыли, сульфитного щелока, углеводородов и ряда др. органических примесей.

В литейных цехах при изготовлении форм и стержней в воздушную среду выделяются токсичные парогазовые смеси, содержащие фенол, формальдегид, фуриловый и метиловый спирты, аммиак, бензол, пары серной кислоты. В отделении обрубки и очистки литья образуются значительные количества металлической пыли.

В прокатном производстве пыли и газов образуется в меньших количествах, по сравнению с другими производствами черной металлургии, но все же - примерно 2-18 г/т при различных видах работ.

По статистике, загрязнение окружающей среды вокруг предприятий черной металлургии в зависимости от господствующих ветров ощущается в радиусе 20-50 км. На 1 квадратный метр этой территории выпадает 5-15 кг/сутки пыли.

Вокруг металлургических предприятий образуются техногенные зоны, во всех поверхностных образованиях которых (почве, снеге, воде, растительности) содержится широкий набор вредных веществ.

Степень оснащения основных технологических агрегатов газоочистными установками составляет ок. 70%. Часть действующих установок (ок. 15%) работает неэффективно. Таким образом, около 40% газов от агрегатов поступают в атмосферу практически без очистки.

## 1.2 Сточные воды металлургического производства

Черная металлургия – один из крупнейших потребителей воды. Её водопотребление составляет 15-20% общего потребления воды промышленными предприятиями страны. Современное металлургическое предприятие на производство 1 т стального проката расходует 180-200 м<sup>3</sup> воды.

Суточный оборот воды на отдельных предприятиях достигает 3 млн. м<sup>3</sup> и более. Из этого количества около 48% приходится на охлаждение оборудования, 26% - на очистку газов, 12% - обработку и отделку металла, 11% - гидравлическую транспортировку и 3% - на прочие нужды. Безвозвратные потери, связанные с испарением и каплеуносом в системах оборотного водоснабжения, с приготовлением химически очищенной воды, с потерями в технологических процессах, составляют 6-8%. Остальная вода в виде стоков возвращается в водоемы. Около 60-70% сточных вод относятся к «условно-чистым» стокам, т.е. имеющим только повышенную температуру. Остальные сточные воды (30-40%) загрязнены различными примесями и вредными соединениями. Расход воды по видам металлургического производства приведен в таблице 3.

Таблица 3 - Расход воды по видам металлургического производства

Вид производства	Продукция	Удельный расход воды, м <sup>3</sup> /т продукции		Доля в общем удельном расходе воды, %
		всего	в т.ч. свежей	
Горнорудное	руда	12	4,5	5,0
Агломерационное	агломерат	7,5	0,6	3,1
Коксохимическое	кокс	12,5	1,0	5,2
Доменное	чугун	60	4,5	25,0
Сталеплавильное	сталь	52	3,5	21,7
Прокатное	прокат	96	5,5	40,0
Всего	сталь	240	20	100

Вода, используемая металлургическими предприятиями, должна иметь определенные качественные характеристики: температуру, содержание взвешенных частиц, содержание масел и смол, водородный показатель pH.

Все сточные воды загрязнены взвешенными частицами, образующимися при очистке от пыли, золы и других твердых материалов. Прокатное производство, кроме того, является источником загрязнения маслами, эмульсиями и травильными растворами. Большое количество потребляемой воды металлургическими производствами требует создания на предприятиях эффективных систем водоочистки.

Несмотря на широкое использование системы оборотного водоснабжения на металлургических предприятиях, количество сточных вод велико. Они содержат механические примеси органического и минерального происхождения, в т.ч. Me(OH)<sub>2</sub>, нефтепродукты, токсические соединения. Примерный качественный состав сточных вод одинаков, а концентрация загрязняющих веществ изменяется широко в зависимости от технологического процесса.

Наибольшее количество воды требуется в прокатном, доменном и сталеплавильном производствах (таблица 4).

Взвесь сточных вод аглофабрики содержит железо, окись кальция, углерод.

На коксохимических заводах сточные воды образуются от химических цехов (фенольные стоки) и от процесса тушения кокса. Расход свежей воды на 1 т кокса составляет 1,2-1,6 м<sup>3</sup>.

В процессе очистки коксового газа от сероводорода мышьяково-содовым методом образуется 4-6 м<sup>3</sup>/час стоков, в которых содержатся фенолы, аммиак, сероводород, цианиды, бензолы, смолы.

В доменном производстве сточные воды образуются при очистке доменного газа, гидравлической уборке осевшей пыли и просыпей, от установок грануляции доменного шлака и разливочных машин. В этих стоках содержатся частицы руды, кокса, известняка, сульфаты, хлориды, осколки застывшего чугуна, окалины, графита, недогашенной извести. При выплавке ферромарганцевого чугуна стоки также содержат цианиды, радонистые соединения, аммиак.

Таблица 4 - Источники образования сточных вод металлургического предприятия

Вид производства	Операции
Доменное	Очистка доменного газа; гидравлическая сборка осевшей пыли и просыпи в подбункерном помещении; грануляция доменного шлака и разливка чугуна
Агломерационное и производство окатышей	Очистка газов; сборка просыпи от обжиговых машин и пылевых мешков; мокрая уборка помещений
Коксохимическое	Углеобогащение и пылеулавливание; химические процессы (фенольные сточные воды); тушение кокса
Сталеплавильное	Очистка газов; охлаждение и гидроочистка изложниц и МНЛЗ; при обмывке котлов-утилизаторов
Прокатное	Охлаждение валков, шеек валков и подшипников; смыв и транспортировка окалины; охлаждение вспомогательных механизмов; гидравлическое испытание труб

В сталеплавильном производстве сточные воды образуются при очистке газов мартеновских печей, конвертеров, электропечей, охлаждении и гидроочистке изложниц, установок непрерывной разливки стали и обмывке котлов-утилизаторов. Содержание взвешенных частиц в таких стоках достигает 7000 мг/л.

Сточные воды ферросплавного производства характеризуются наличием взвешенных веществ, обладают щелочной реакцией, содержат фенолы, цианиды, роданиды, марганец, железо, хром, мышьяк, ванадий и др.

В стоках литейных цехов содержатся большие количества глины, песка, зольных остатков от выгоревшей части стержневой смеси. В зависимости от применяемого оборудования и исходных формовочных материалов концентрация всех этих веществ может достигать 5000 мг/л.

При сбросе загрязненных сточных вод металлургических заводов в водоеме повышается количество взвешенных частиц, значительная часть которых осаждается вблизи места спуска, повышается температура воды, ухудшается кислородный режим, образуется маслянистая пленка на поверхности воды. Если в поступающих стоках содержатся кислоты, то повышается и кислотность воды, нарушается ход биологических процессов. Все это может привести к гибели водных организмов и нарушению естественных процессов самоочищения водоемов.

Общий сток предприятия имеет следующие характеристики (таблица 5):

Таблица 5 - Характеристика сточных вод предприятия

Характеристика	Вода, подаваемая от источника	Общий сток
1	2	3
Цвет	Без цвета	Желто-бурый
Запах	Без запаха	Шлама и нефти
Взвешенные вещества, мг/л	20-30	220-822
pH	7,5	7,6-8,5
Щелочность, мг-экв/л	2,8-3,0	3,0-7,6
<i>Химический состав, мг/л</i>		
Cl <sub>2</sub>	13-28	41-198
SO <sub>4</sub>	73-78	108-290

Продолжение таблицы 5		
1	2	3
NO <sub>2</sub>	0.07-0.1	0.1-7.0
NO <sub>3</sub>		Следы
NH <sub>4</sub>		1-40 (16,3)
Fe <sup>+</sup> общ	0,1-02	9-40 (23)
Нефтепродукты и смола, мг/л		0-92 (32)
Окисляемость, мг/л O <sub>2</sub>	6,6-7,1	13-90 (40,8)

Экспериментально обнаружено, что поступление в организм с питьевой водой таких элементов как мышьяк, селен, цинк, радий, палладий, иттрий приводит к возникновению злокачественных опухолей у теплокровных животных. Такое же действие оказывают при поступлении в организм другими путями – хром, бериллий, свинец, ртуть, кобальт, никель, тантал, уран и ряд других элементов. Кроме того, кадмий, свинец, литий и галлий оказывают мутагенное действие.

Многие неорганические соединения даже в малых концентрациях оказывают вредное воздействие на рыб и их кормовые ресурсы.

Особенно опасно наличие неорганических соединений в питьевой воде.

### 1.3 Твердые отходы металлургических предприятий

Металлургические предприятия с большим количеством цехов и вспомогательных служб занимают до 1000 га. Площадь же земельных угодий, нарушенных горными работами, занятая отвалами, золо- и шламонакопителями, составляет примерно 130 тыс. га.

В металлургическом производстве, в частности в черной металлургии, образуется большое количество твердых отходов при технологических процессах. Под твердыми промышленными отходами понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшихся при производстве продукции или при выполнении работ и утратившие полностью или частично потребительские свойства.

Отходы складываются на больших площадях, которые занимают тысячи гектаров полезных земель. В них накоплено ~500 млн. т шлаков и ежегодно прибавляется примерно 80 млн. т. Шлакоотвалы в большинстве случаев оказывают пагубное воздействие на окружающую среду.

Твердые отходы образуются практически на всех стадиях металлургического производства. По ориентировочным подсчетам, на получение 1 т стали используется 4,7 т сырья, из которых в твердые отходы уходит 0,406 т.

На металлургических предприятиях образуется около 3 млн. т отходов, из них утилизируется всего 34%. Основными источниками образования лома и отходов на металлургическом предприятии являются (таблица 6): доменное производство (1%), сталеплавильное (5%), прокатное (30%), литейное (9% от общего количества лома черных металлов). Образование металлоотходов по видам продукции, кг/т: при производстве чугуна – 7-10, стали – 35-40, проката – 280, стального литья – 530, чугунного литья – 350, стальных труб – 110-120, отливок чугунных труб – 170-200, поковок и штамповок – 175-180.

Основную массу металлургических шлаков составляют доменные шлаки (при получении 1 т чугуна образуется 0,4-0,65 т шлака). В сталеплавильном производстве шлаков образуется в 2 раза меньше.

Все металлургические шлаки содержат, помимо железа, значительные количества соединений фосфора и CaO, а также другие элементы, используемые в сельском хозяйстве в качестве удобрений.

До 1975 г. основная масса шлаков (≈ 87,6%) направлялась в отвалы.

Таблица 6 - Источники образования лома и отходов основных переделов металлургического предприятия

Вид производства	Операции
Доменное	Выпуск и разливка чугуна на канавах и в чугуновозных ковшах (остатки, брак чушкового чугуна)
Сталеплавильное	Выпуск и разливка стали (литники, недоливки, бракованные слитки, остатки металла в ковшах), зачистка слитков (стружка, скрап)
Прокатное	Резка (обрезь, стружка), прокатка (недокат), зачистка заготовок (пыль, стружка)
Литейное	Разливка металла (остатки в ковшах, литники), литье (брак, скрап)

Кроме шлаков ежегодно образуется около 1 млн. т шламов, которые содержат большое количество железа (ок. 50%), и ок. 110 тыс. т пыли.

Как уже было сказано, твердые отходы занимают полезные площади. Из-за ветров происходит постоянное пыление отвалов, что приводит к загрязнению воздушного бассейна. Осадки (дожди, снег) выщелачивают из отвалов элементы и соединения, что приводит к заражению почвы.

В итоге, даже освобожденные из-под отвалов земли становятся непригодными для сельскохозяйственного использования, образуются так называемые «индустриальные пустыни».

## Лекция 2 Загрязнения и отходы в металлургическом производстве

### 2.1 Загрязнение окружающей среды предприятиями металлургической отрасли

#### 2.2 Классификации загрязнений

### 2.1 Загрязнение окружающей среды предприятиями металлургической отрасли

В мире потребляются миллиарды тонн минерального сырья, топлива, воды, атмосферного кислорода, а в готовый продукт переходит около 1% затраченных природных ресурсов. При этом ежегодно в атмосферу выбрасывается ок. 1 млрд. т аэрозолей и газов (в т.ч. CO, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>), приблизительно столько же сажи; в природные водоемы поступает больше 500 млрд. т промышленных и бытовых стоков.

Отходы и выбросы истощают запасы невозобновляемых природных ресурсов и оказывают вредное, а порой и смертельное влияние на окружающую среду и на условия жизни человека.

Наиболее серьезное влияние на ОС оказывает металлургия, в частности черная. Металлургия является энерго- и ресурсоемкой отраслью. При ежегодном потреблении нескольких тысяч тонн минеральных ресурсов в конечную продукцию переходит не более 30%, остальное же количество образуют отходы производства.

Так, металлургический завод полного цикла с производительностью 10 млн. т стали в год, до введения строгого контроля выбрасывал ежегодно в атмосферу больше 200 тыс. т пыли, 50 тыс. т соединений серы, 250 тыс. т оксида углерода, оксидов азота и др. веществ. Концентрация пыли в выбросах достигала 50-120 кг/т получаемой стали. В усовершенствованных металлургических процессах эти выбросы снижаются до 10 кг/т стали.

Газообразные выбросы металлургических заводов составляют около 2500 м<sup>3</sup>/т стали. Источником сернистых соединений, выбрасываемых в атмосферу, являются, главным образом, кокс (40-60%) и руда (5-30%). Со шлаками из металлургических агрегатов удаляется 45-55% серы, а в стальные изделия переходит до 6% серы, остальное количество серы выбрасывается в атмосферу. Главным источником выброса SO<sub>2</sub> является

агломерирование (45-55% от общих выбросов SO<sub>2</sub>). Значительное количество SO<sub>2</sub> или H<sub>2</sub>S выбрасывается в атмосферу во время остывания и переработки шлака (10-35%). Остальное количество SO<sub>2</sub> поступает в окружающую среду из труб котельных установок, сталелитейных и прокатных цехов.

Цианистый водород HCN присутствует, главным образом, в доменном газе. Концентрация его составляет, мг/м<sup>3</sup>: при производстве передельного чугуна 200-400, при производстве зеркального чугуна 300-400 и при производстве ферромарганца 1500-3500. Выбросы цианистого водорода агрегатами коксового завода могут достигать 0,5 кг/т кокса.

Оксиды азота образуются в доменных, мартеновских и нагревательных печах, в печах коксохимического производства и в паровых котлах. В доменных печах источником выброса оксидов азота являются доменные воздухонагреватели, в уходящих газах которых содержание NO<sub>x</sub> составляет  $(1,7 \div 6,6) \cdot 10^{-4}\%$ . Концентрация оксидов азота в вертикальных каналах мартеновских печей при отоплении без интенсификаторов составляет в среднем 0,03%; при подаче кислорода она возрастает до 0,1% и в ряде случаев достигает 0,25%. Среднее количество выбросов оксидов азота составляет 2,5 кг/т стали.

Содержание азота в уходящих газах металлургических газоиспользующих агрегатов различных производств приведено в таблице 7.

Таблица 7 - Содержание оксидов азота в уходящих газах

Агрегат	Средняя концентрация		Максимальная концентрация	
	%	мг/м <sup>3</sup>	%	мг/м <sup>3</sup>
Доменные воздухонагреватели	0,0004	8	0,0007	14
Мартеновские печи:				
-без интенсификатора	0,029	580	0,07	1400
-на кислороде	0,098	1960	0,244	4880
Нагревательные печи	0,0250	500	-	-
Вагранки	0,001	20	0,003	60
Установки кипящего слоя	0,03	600	0,04	800
Паровые котлы	0,058	1160	0,1	2000
Газотурбинные установки	0,01	200	0,02	400

Оксид углерода образуется в основном в агломерационных, коксохимических и доменных цехах, т.е. в технологических циклах, не являющихся основными потребителями газового топлива. Содержание CO в мартеновских печах с кислородной продувкой составляет 0,53 кг/т стали, а в уходящих газах печей прокатного производства невелико и при отработанном режиме работы не превышает 0,1%.

После предприятий ТЭК металлургия занимает второе место среди отраслей промышленности по степени ущерба, наносимого ОС.

Черная металлургия включает предприятия, основная деятельность которых состоит в наполнении внутреннего рынка РФ. Кроме того, отрасль играет заметную роль на внешнем рынке страны. Наиболее крупные предприятия отрасли расположены в городах Липецкой, Свердловской, Челябинской областей, Красноярского края и ряде др. регионов.

За последнее десятилетие наблюдается заметное снижение производства основных видов продукции отрасли. Тем не менее, степень вредности влияния на ОС все еще высока.

Наиболее сильное воздействие черная металлургия оказывает на атмосферный воздух и поверхностные воды, а также на уровень загрязненности подземных вод и почв.

Основные источники атмосферных выбросов в черной металлургии:

В агломерационном производстве – агломерационные машины, машины для обжига окатышей;

При производстве чугуна и стали – доменные, мартеновские и дуговые печи, установки непрерывной разливки стали, травильные отделения, ваграночные печи;

Дробильно-размольное оборудование, места разгрузки-погрузки и пересыпки материалов.

В городах, где расположены крупные предприятия отрасли, отмечаются высокие уровни загрязнения воздуха несколькими примесями, в т.ч. высокого класса опасности. Максимальные концентрации примесей достигали 10-155 ПДК. Например, в Магнитогорске – этилбензола и диоксида азота  $\text{NO}_2$ ; в Новокузнецке -  $\text{NO}_2$ . Снижение выбросов в последние годы происходит в основном за счет снижения объемов производства, а не за счет осуществления природоохранных мероприятий.

На долю черной металлургии приходится 1/7 всех атмосферных выбросов от промышленных стационарных источников. Особенно существенна доля 6-ти валентного хрома.

По объему сброса загрязненных стоков вклад отрасли оценивается на уровне 1/14 общего объема сброса сточных вод этой категории в целом по промышленности РФ. Тем не менее, ежегодно сбрасывается около 1 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, 85% из них - загрязненные.

Вместе со сточными водами сбрасываются значительные количества загрязняющих веществ, в т.ч. взвешенные частицы, сульфаты, хлориды, соединения железа, тяжелых металлов и т.п.

По данным аэрокосмической съемки снежного покрова, зона действия предприятий черной металлургии просматривается на расстоянии до 60 км от источника загрязнения.

В общем случае источник загрязнения природной среды можно классифицировать по:

*-происхождению*

- а) искусственные – антропогенные (удельный вес 90%),
- б) естественные;

*-месту поступления*

- а) континентальные,
- б) морские,
- в) атмосферные;

*-временному признаку*

- а) постоянные,
- б) эпизодические,
- в) разовые,
- г) случайные;

*-пространственно-временному признаку*

- а) фиксированные,
- б) нефиксированные.

В атмосферу, водоемы и почву в мире ежегодно выбрасывается больше 3 млрд. т твердых промышленных отходов, 500 км<sup>3</sup> опасных стоков и около 1 млрд. т аэрозолей, разных по крупности частиц и химическому составу. Номенклатурный состав ядовитых загрязнений содержит более 800 веществ, в т.ч. мутагены, влияющие на наследственность; канцерогены – на зарождение и развитие злокачественных новообразований; нервные и кровяные яды – на отдельные организмы и др. Содержание этих веществ в воздухе иногда в 3-10 раз превышает ПДК.

Наиболее высокий уровень загрязнения в городских условиях характерен для тяжелых металлов, таких как, свинец, ртуть, хром и никель. Тяжелые металлы способны накапливаться в организме человека и приводить к тяжелым последствиям, так как они обладают мутагенными, канцерогенными и тератогенными (повреждающими зародыш действиями некоторых химических веществ и биологических агентов с возникновением аномалий и пороков развития) свойствами. Техногенная доля цинка и меди в атмосфере составляет примерно 75%, кадмия и ртути – 50, никеля – 30, кобальта – 10%. Наиболее высокой эмиссией отличается свинец; по различным оценкам она достигает 80%.

## 2.2 Классификации загрязнений

Техногенные загрязнения в общем виде классифицируются по двум группам:

1) *материальные* – запыление атмосферы, твердые частицы в воде и почве, газообразные, жидкие и твердые химические соединения и элементы;

2) *энергетические* – теплота, шум, вибрация, ультразвук, свет, электромагнитное поле, ионизирующие излучения.

Радиоактивные отходы относятся к обеим группам.

В основу классификации материальных загрязнений принята среда их распространения (атмосфера, гидросфера, литосфера), их агрегатное состояние, применяемые методы обезвреживания и степень токсичности загрязнений.

Материальные загрязнения подразделяются на выбросы в атмосферу, сточные воды и твердые отходы.

Вредные выбросы в атмосферу делят по агрегатному состоянию и массе веществ, выбрасываемых в единицу времени (обычно т/сутки).

По агрегатному состоянию выделяют газообразные и парообразные загрязнения и промышленную пыль (крупнодисперсную >10мкм и мелкодисперсную <10 мкм).

По степени опасности вредные вещества, выбрасываемые в атмосферу, подразделяются на два класса:

-*чрезвычайно опасные*, к которым относятся почти все тяжелые металлы;

-*высоко опасные*.

Производственные сточные воды делят на:

-*условно чистые* – воды от охлаждения технологического оборудования (после очистки возвращаются в производство при добавлении чистой воды);

-*грязные* – резко отличаются по качественному составу не только на разных предприятиях, но и в условиях одного предприятия.

Металлы, попадающие в почву из выбросов и депонированных на полигонах отходов, можно разделить на три класса опасности:

I – к примеру, мышьяк, ртуть, свинец, цинк;

II – кобальт, никель, молибден, медь, хром;

III – ванадий, марганец.

Промышленные твердые отходы кроме классификации по токсичности подразделяются на металлические, неметаллические и комбинированные. К неметаллическим отходам относят химически инертные (отвалы пустой породы, зола и т.п.) и химически активные (пластмассы, резина и т.п.); к комбинированным отходам относят промышленный и строительный мусор.

Энергетические загрязнения ОС включают промышленные тепловые выбросы, а также все виды излучений и полей.

Тепловые загрязнения биосферы в большей или меньшей степени присущи всем видам производств. Особенно нежелательно воздействие тепловых выбросов на водоемы, т.к. это нарушает водный экологический режим.

В идеале предполагаются безотходные или малоотходные схемы промышленного производства. Поэтому все виды твердых промышленных отходов должны использоваться в виде вторичного сырья. В этом качестве также разработана промышленная классификация, согласно которой отходы подразделяются по физическим признакам на классы, по химическому составу – на группы и марки, по показателям качества – на сорта.

В развитых странах классификация отходов производства осуществляется на основе отраслевого принципа и дополняется уже упомянутыми свойствами отходов такими, как класс опасности, агрегатное состояние, химический состав. Таков же принцип построения Европейского классификатора отходов (ЕКО), разработанного в рамках ЕЭС.

Промышленные отходы в России классифицируют по следующим критериям:

-отраслям промышленности: черная и цветная металлургия, нефтяная, газовая и рудо- и угледобывающая;

-фазовому состоянию: твердые (пыли, шлаки), жидкие (растворы, эмульсии, суспензии), газообразные (оксиды углерода, азота, соединения серы);

-производственным циклам: добыча сырья (вскрышные и отвальные породы), обогащение (хвосты, шламы, сливы), гидрометаллургия (растворы, осадки, газы).

Данная классификация не отражает социально-экономической целесообразности и эффективности переработки отходов производства.

С точки зрения создания экономического механизма, регулирующего процессы переработки отходов металлургического производства, целесообразно классифицировать отходы следующим образом:

1 По технологическому признаку:

-отходы текущего производства – остаточные продукты переработки минерального сырья за один производственный цикл;

-отходы шлаковых отвалов - остаточные продукты переработки минерального сырья, длительно хранящиеся в отвалах, золо- шламонакопителях и окислившиеся под воздействием атмосферы;

-вторичные отходы, образовавшиеся в результате переработки, т.е. остаточные продукты переработки отходов текущего производства и шлаковых отвалов.

2 По потенциальной социально-экономической эффективности переработки:

-коммерчески значимые – отходы, конечный продукт переработки которых имеет высокие потребительские свойства и востребован на рынке по коммерческим ценам, что может обеспечить потенциальный коммерческий эффект их переработки;

-экономически значимые – отходы, за счет вовлечения которых в переработку решаются проблемы обеспечения металлургии сырьем, и экономическая целесообразность переработки которых определяется с учетом всего комплекса сопутствующих эффектов;

-экологически значимые – отходы, переработка которых необходима и целесообразна с экологических позиций.

Таблица 8 - Классификация промышленных отходов по гигиеническому принципу

Категория	Характеристика промышленных отходов по видам загрязнения	Годовое накопление, % ко всей массе отходов	Рекомендуемые методы утилизации или ликвидации
I	Инертные	57,0	Использование планировочных или строительных работ
II	Легкоразлагающиеся органические вещества	3,0	Складирование или переработка вместе с твердыми отходами
III	Слаботоксичные малорастворимые в воде	30,0	Складирование вместе с твердыми бытовыми отходами
IV	Нефтемаслоподобные	1,5	Сжигание
V	Токсичные со слабым загрязнением воздуха	3,0	Складирование на полигоне промышленных отходов
VI	Токсичные, в т.ч.: -минеральные -органические	3,5 2,0	Обеззараживание на специальных сооружениях

Кроме того, существует классификация отходов по гигиеническим и технологическим принципам. В таблице 8 приводится пример классификации отходов по гигиеническому принципу.

Экологически опасные отходы, не принятые в переработку, подлежат захоронению. Для этих целей реально использовать выработанные угольные карьеры, предварительно осуществив природоохранные мероприятия. Например, создать глиняную прослойку толщиной 1 м.

Помимо вышеперечисленных классификаций загрязнений существует деление вредных веществ по степени опасности (4 группы):

I – чрезвычайно опасные (ПДК <0,1 мг/м<sup>3</sup>), примеры – свинец, ртуть, бериллий, озон и др.;

II – высоко опасные (ПДК 0,1-1,0 мг/м<sup>3</sup>) – окислы азота, йод, марганец, медь, хлор, кремнезем, сероводород, едкие щелочи;

III – умеренно опасные (ПДК 1,0-10 мг/м<sup>3</sup>) - окислы серы, железа, ацетон;

IV – малоопасные (ПДК >10мг/м<sup>3</sup>) – аммиак, СО<sub>2</sub>, бензин, скипидар.

Таблица 9 - Классы опасности отходов

Степень вредного воздействия отходов на ОС	Критерии отнесения отходов к классу опасности для ОС	Класс опасности отхода для ОС
Очень высокая	Экологическая система необратимо нарушена. Период восстановления отсутствует	I класс - чрезвычайно опасные
Высокая	Экологическая система сильно нарушена. Период восстановления не менее 30 лет после полного устранения источника вредного воздействия	II класс – высоко опасные
Средняя	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 10 лет после снижения вредного воздействия от существующего источника	III класс – умеренно опасные
Низкая	Экологическая система нарушена. Период восстановления не менее 3 лет	IV класс – малоопасные
Очень низкая	Экологическая система практически не нарушена.	V класс – практически неопасные

С 2001 года разработана новая система оценок токсичности отходов. При установлении класса опасности учитывается возможность вредного воздействия отходов на окружающую среду (таблица 9).

В таблице 10 приведены основные отходы производства по классам опасности.

Таблица 10 - Примерный состав твердых промышленных отходов по классам опасности [15]

Класс опасности	Основные виды твердых промышленных отходов
I	Ртутьсодержащие лампы, фенолы, отходы химических производств
II	Нефтеотходы, отходы химических производств
III	Масла и нефтеотходы, лаки, краски, эмали; осадки и шламы; обрезки материалов, промасленные отходы, отходы смазки охлаждения
IV	Осадки и шламы; отходы литейного производства, аккумуляторы, котельные шлаки
V	Лом металлов; строительные отходы; бумага, стеклобой

Отдельно необходимо упомянуть о радиоактивном загрязнении. В черной металлургии радиоактивные индикаторы могут применяться в сталеплавильном производстве (для исследования гидродинамики металла и шлака, причин появления неметаллических включений в слитках, скорости кристаллизации и т.д.), в прокатном производстве (например, как неразрушающие методы контроля), в агломерационном производстве (исследование подготовки и окускования шихты), в доменном производстве (напр., для слежения за газовыми потоками).

Широкое применение р/а-изотопов, соответственно, сопровождается накоплением большого количества р/а-отходов.

В связи с длительным и опасным воздействием этого вида отходов на биосферу и живые организмы разработаны специальные правила, которые регламентируют систему утилизации и захоронения р/а-отходов. Согласно этим правилам выделяются специальные участки, расположенные за пределами перспективного развития населенных пунктов, зон отдыха, профилактических учреждений и т.п. и не ближе 500 м от скрытых водоемов. Вокруг пункта захоронения создается санитарно-защитная зона.

С целью создания единой государственной политики в сфере обращения с отходами Правительством РФ было принято постановление «О Федеральной целевой программе «Отходы»» (1996 г.), приоритетное направление которого – создание основ системы управления отходами и проектов внедрения новых технологий по переработке металлургических отходов, уменьшающих негативное воздействие на окружающую природную среду.

Вслед за этим 24 июня 1998г. Президентом РФ был подписан Закон «Об отходах производства и потребления» (№89-ФЗ), который определил основные подходы к работе с отходами производства и потребления в целях предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую природную среду, а также способы применения отходов в качестве дополнительных источников сырья. К основным целям стимулирования переработки отходов Закон относит уменьшение количества отходов при производстве, вовлечение их в хозяйственный оборот. В качестве механизма стимулирования выступает размер платы за негативное воздействие отходов на окружающую природную среду.

### **Лекция 3 Способы очистки сточных вод металлургического производства**

3.1 Определение и классификация промышленных сточных вод

3.2 Современные способы очистки сточных вод

#### **3.1 Определение и классификация промышленных сточных вод**

Сточными называются воды, образовавшиеся в процессе использования на бытовые и производственные нужды и получившие при этом дополнительные загрязнения, изменившие их первоначальный физико-химический и бактериологический состав. Сюда же относят воды, стекающие с территории населенных пунктов и различных предприятий. В зависимости от происхождения сточные воды подразделяют на три основные группы: бытовые (хозяйственно-бытовые), производственные и городские (смесь бытовых и промышленных сточных вод, образующихся при спуске тех и других в общегородскую канализацию).

Четкой классификации сточных вод промышленных предприятий нет. По наиболее общей классификации они подразделяются на три вида: чистые, условно чистые и химически загрязненные. Условно чистые воды используются в технологическом процессе, но они не содержат загрязнений, так как не имеют непосредственного контакта с химическими веществами (например, для охлаждения оборудования). Условно чистыми их называют потому, что из-за неплотностей аппаратуры в них могут попадать загрязняющие вещества, кроме того, эти воды нагреты, что может привести к тепловому загрязнению водоема.

Нормирование содержания вредных примесей в воде определяется «Правилами охраны поверхностных вод», утвержденными Госкомприроды СССР 21.02.1991г. Эти правила устанавливают предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, состав и свойства воды для водоемов двух типов: хозяйственно-питьевого и культурно-бытового использования, а также для водоемов, используемых в рыбо-хозяйственных целях. Правилами установлены определенные показатели, характеризующие воду водоема после сброса в нее сточных вод, т.е. нормы относятся не к сточным водам, а к воде водоема после смешения с нею сточных вод.

Нормируемыми показателями качества воды являются: количество взвешенных частиц, плавающие примеси (предметы), запахи, привкусы, окраска, температура, кислотность (значение pH), минеральный состав, растворенный кислород, биохимическая потребность в кислороде, возбудители заболеваний, ядовитые вещества.

«Правилами» установлены ПДК для 1925 вредных веществ.

Ниже приведены данные, характеризующие ПДК в водоемах хозяйственно-бытового использования некоторых вредных веществ, наиболее распространенных в сточных водах предприятий черной металлургии (таблица 11).

Таблица 11 - ПДК наиболее распространенных загрязнений в стоках предприятий черной металлургии, мг/л

Вещества	ПДК	Вещества	ПДК
Аммиак (по азоту)	2,0	Роданиды	0,1
Барий	0,1	Сероуглерод	1,0
Бензин топливный	0,1	Свинец	0,03
Бор	0,5	Сульфат аммония	0,5
Ванадий	0,1	Фенол	0,001
Вольфрам	0,05	Флотореагент ОПС-6	2,0
Железо	0,5	Флотореагент этилксантогенат калия	0,1
Кальций	180	Хлорид аммония (по азоту)	2,0
Кремний	10	Хлорид кальция	550
Масла	0,02-0,4	Хром (в пересчете на Cr <sup>3+</sup> )	0,6
Медь	1,0	Хром (в пересчете на Cr <sup>6+</sup> )	0,1
Нефть многосернистая	0,1	Цинк	1,0
Нефть прочая	0,3	Цианиды простые и комплексные (кроме цианоферритов) в пересчете на циан	0,1

Правила запрещают сбрасывать в водоемы сточные воды, если этого можно избежать, используя более рациональную технологию и оборотное водоснабжение.

Наибольшее количество сточных вод образуется в основных цехах металлургических предприятий (доменный, сталеплавильный, прокатный и др.), но степень их загрязнения относительно невелика.

Отличительная особенность общезаводских стоков – наличие большого количества взвешенных частиц (800-4300 мг/л), в основном руды и окалины, которые придают стокам красновато-бурый оттенок. Также в стоках содержится незначительное количество органических загрязнений; стоки имеют относительно высокую температуру 35-55 °С. Один металлургический завод выбрасывает около 200 т/сут. взвешенных веществ.

В доменном производстве количество стоков наибольшее – 15 м<sup>3</sup>/т чугуна.

Наименее загрязнены стоки от грануляции шлака, когда расплавленный шлак быстро охлаждается водой. Большая часть воды при этом испаряется, а оставшая возвращается для повторного использования.

Стоки от грануляции имеют температуру до 40 °С. Количество взвешенных частиц составляет 600-700 мг/л. В стоках также содержатся кремний, кальций, сернистые соединения, сульфаты.

Сточные воды коксохимического производства характерны наличием в них фенолов, количество которых может быть значительно. Эти стоки также могут также содержать канцерогены 3,4-бензпирен. Стоки коксохимического производства вообще нежелательно сбрасывать в водоемы, т.к. вода в них становится непригодной для любого использования.

Наиболее вредные стоки образуются в процессе обработки металлических поверхностей кислотами. В этих цехах образуется две категории стоков:

1) Более концентрированные, включающие в себя отработанные растворы из травильных ванн. Содержат H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; t = 30-80 °С.

2) Менее концентрированные, включающие воду от промывки обработанных изделий.

Количество стоков:

- первой категории – 0,5 м<sup>3</sup>/т готовой продукции;

- второй категории – 3 м<sup>3</sup>/т.

Наименее вредными являются стоки рудо-обоганительных фабрик. Количество стоков велико, но они содержат в основном большое количество глины, песка, пустой породы.

### 3.2 Современные способы очистки сточных вод

Универсального метода очистки загрязненных промышленных сточных вод, который отвечал бы всем современным требованиям, пока не существует.

Для очистки промышленных стоков используют механический способ и реагентную химическую очистку. Также разрабатываются и внедряются безреагентные способы: электрохимический, электроионитовый, применение ионнообменных смол, озонирование.

Механические методы используются в основном как предварительные. Они предназначены для отделения от воды нерастворимых примесей различной крупности. Для этих целей используют решетки, барабанные сетки, фильтры, песколовки, отстойники, нефтеловушки, смолжиромаслоуловители. Основным оборудованием механической очистки сточных вод являются отстойники различных принципов действия, отстойные пруды. В настоящее время для механической очистки применяют гидроциклоны, требующие значительно меньших площадей и отличающиеся более высокой производительностью. Сточные воды после механической очистки в зависимости от состава и предъявляемых к ним требований направляют на химическую, физико-химическую или биологическую очистку.

Химическую реагентную очистку применяют в случаях, когда выделение загрязнений возможно только в результате химической реакции между примесью и реагентом с образованием новых веществ, которые легко удалить. Для такой очистки используют реакции окисления, нейтрализации, перевод вредных примесей в безвредные, обезвреживание методом хлорирования и др. Подобные методы требуют большого расхода реагентов. Кроме того, образующиеся в результате реакции соединения необходимо удалять из стоков и обрабатывать. Наиболее широко применяется нейтрализация сточных вод для удаления из них кислот, щелочей, солей металлов.

Физико-химические методы очистки подразделяют на реагентные и безреагентные. К реагентным относятся методы, при которых для осаждения и выделения соединений из стоков применяются специальные вещества – коагулянты (соли алюминия и железа, аммиачная вода и др.) и флокулянты (полиакриламид, синтетические полимеры, природные полимеры, неорганические вещества, например, кремниевая кислота). Очистка сточных вод реагентным способом включает несколько стадий: приготовление и дозирование реагентов, смешение их с водой, хлопьеобразование, отделение хлопьевидных примесей от воды.

К безреагентным методам относятся: сорбционные, электрохимические, радиационные и др. Безреагентные методы протекают без введения в реакционную среду дополнительных химических соединений. Тем не менее осуществление процесса требует дополнительных затрат энергии и использование нейтральных веществ в качестве сорбентов, которые при регенерации дают вторичное загрязнение в виде шлама.

К электрохимическим методам очистки относятся ионный обмен, электролиз и др. Наиболее широко применяются синтетические ионнообменные смолы, цеолиты, гидроксиды и соли поливалентных металлов. Ионный обмен является одним из основных способов обессоливания, опреснения и умягчения воды.

В последние годы широкое применение нашли мембранные процессы очистки сточных вод (ультрафильтрация, обратный осмос, микрофильтрация, испарение через мембраны, диализ, электродиализ). Мембраны изготавливают из ацетатов целлюлозы, полиамида, фторопласта, различных полимеров, стекла, графита, оксидов металлов.

Ультрафильтрация характеризуется большими скоростями движения разделяемой жидкости. При повышении давления и уменьшении скорости движения разделяемой жидкости наступает обратный осмос. При обратноосмотическом процессе мембраны могут задерживать практически все растворимые вещества и взвеси минерального и органического происхождения (в том числе микробы, вирусы, бактерии, споры грибов и т.п.).

Мембранные процессы разделения жидкостей, смесей, деминерализация воды, разделение и концентрирование сточных вод являются наиболее эффективными в экологическом отношении, т.к. позволяют извлекать из сточных вод ценные вещества, повторно использовать воды, регенерировать отработанные составы.

Биологический метод применяется для очистки воды от многих растворимых органических веществ, ионов тяжелых металлов и некоторых неорганических веществ (сероводорода, аммиака, нитритов). Процесс основан на способности микроорганизмов использовать эти вещества для питания. Контактывая с органическими веществами микроорганизмы частично разрушают их, превращая в воду, диоксид углерода и другие вещества. Другая часть органических веществ идет на образование биомассы.

Известны аэробные и анаэробные методы биологической очистки. Аэробный метод основан на использовании аэробных микроорганизмов, для жизнедеятельности которых необходимы постоянный приток кислорода и температура 20-40 °С. Анаэробные методы осуществляются без доступа кислорода, их используют в основном для обезвреживания осадков.

Термические методы используют для очистки сильно минерализованных сточных вод, содержащих соли кальция, магния и др. Очищенную воду получают в основном путем её испарения в специальных установках. В некоторых случаях используют огневой метод, при котором сточные воды распыляют непосредственно в топочные горячие газы. При этом вода полностью испаряется, органические примеси сгорают, а минеральные вещества превращаются в твердые или расплавленные частицы, которые затем улавливаются.

Способы очистки сточных вод от некоторых вредных веществ приведены в таблице 12.

Таблица 12 - Способы очистки сточных вод от вредных веществ

Вредные вещества 1	Способ очистки 2
Азот, аммиак	Биологическая очистка стоков, а при недостаточной эффективности доочистка: 1)подщелачивание известью до pH 9,5-11,5 и отдувка аммиака воздухом; 2)окисление хлором, адсорбция образовавшихся хлораминов и фильтрование через гранулированный активированный уголь; 3)адсорбция иона аммония ионитами – адсорбция цеолитами (эффективность 54-100%)
Соединения аммония: гидроксид, карбонат аммония, сульфид, роданит аммония	Биологическая очистка
Алюминий (содержится в стоках от гальванических ванн)	Нейтрализация щелочами с последующим осаждением алюминия или извлечение ионитами
Ванадий	Биологическая, химическая очистка: извлечение ионитами, методами обратного осмоса; осаждение гидроксидом железа при pH 8,5-10, сульфидом железа, адсорбция активированным углем
Вольфрам	Извлечение ионитами
Железо	Наиболее распространенные методы извлечения – аэрация, осаждение, фильтрование, коагуляция, ионный обмен. Применяются осаждение известью, цементация, электродиализ, метод обратного осмоса, адсорбция активированным углем. Механическая и биологическая очистка стоков снижает концентрацию железа в сточных водах на 86%; очистка с помощью катионных фильтров снижает концентрацию железа с 11 до 0,01 мг/л.
Кадмий (особенно в сточных водах цехов электролитического покрытия)	Биологическая очистка (извлекается 80% кадмия); химическая очистка при добавлении щелочи, извести; осаждение и фильтрование (извлекается 60% кадмия). Эффект очистки сточных вод от кадмия известью 98,9%.
Кальций	Химические, физико-химические и физические методы. При очистке методом обратного осмоса концентрация кальция снижается с 350 до 7,5 мг/л, после предварительного фильтрования через активированный уголь снижение составляет 98,6%, после очистки на катионных фильтрах снижение с 9,0 до 0,01 мг/л.
Кремний	Осаждение, коагуляция, методы гидрометаллургии и методы физико-химической очистки
Марганец	Биохимическая, механическая, аэрация, осаждение известью, цементация, коагуляция, ионный обмен, адсорбция активированным углем, электродиализ. После механической и биологической очистки в аэротенках эффект очистки составляет 91%, при осаждении известью – 95%, при фильтровании через активированный уголь – 95%.

Продолжение таблицы 12	
1	2
Медь и её соединения	Биологическая очистка, химическая очистка, осаждение известью или едким натром, осаждение ферроцианидом калия, физико-химические методы, ионный обмен, метод обратного осмоса
Молибден	Извлечение ионитами. Эффект очистки сточных вод от молибдена составляет при применении химических методов (квасцов) 85%, извести 12%, физических методов – 72%.
Мышьяк	Химические и физико-химические методы. Двойным биофильтрованием мышьяк извлекается из сточных вод полностью.
Никель	Биологическая очистка; химическая, физико-химическая очистка; метод обратного осмоса (эффект 92-96%); адсорбция активированным углем (эффект – 95-99%).
Свинец	адсорбция активированным углем; химические методы, биологическая очистка
Сера и её соединения	Биологическая и физико-химическая очистка; химические методы
Фосфор	Биологическая и химическая очистка; ионный обмен; метод обратного осмоса
Хлор	Методы химической очистки, аэрация
Хром	Биологическая, химическая очистка: извлечение ионитами, методами обратного осмоса; механические способы очистки; физико-химические методы
Цинк	Биологическая очистка; нейтрализация щелочами; известкование; цементация; ионный обмен; метод обратного осмоса
Цианиды	Биологическая, химическая очистка, ионный обмен, адсорбция активированным углем
Соляная кислота	Нейтрализация известью
Концентрация водородных ионов (рН)	При рН=6÷7 биологическая очистка (оптимальное значение рН=6,5); методы нейтрализации кислых и щелочных вод
Фенол, роданиды	Биологическая очистка

## Лекция 4 Мероприятия по улавливанию пыли и газов металлургического производства

### 4.1 Санитарная охрана атмосферного воздуха

#### 4.2 Планировочные мероприятия по снижению приземных концентраций вредных веществ

#### 4.3 Технологические мероприятия по снижению вредных выбросов в атмосферу

### 4.1 Санитарная охрана атмосферного воздуха

Большинство пирометаллургических процессов характеризуется образованием больших количеств газов. Помимо возможного использования ценных составляющих газов (в основном  $SO_2$ ), необходимо производить их обезвреживание с целью охраны ОС.

Защита ОС от вредных выбросов является одной из острейших проблем современности. Современное металлургическое предприятие — это сложный производственный комплекс, включающий разнообразные цехи, а иногда и отдельные заводы, которые в значительной степени могут загрязнить воздушный бассейн окружающего района. Избежать этого полностью при существующем уровне развития техники невозможно. Поэтому законодательством РФ предусмотрена санитарная охрана атмосферного воздуха, т. е. система мероприятий, направленных на обеспечение необходимой чистоты воздуха и поддержание ее на уровне, безопасном для жизни и здоровья человека.

На долю предприятий металлургии (и цветной и черной) приходится около 20-25% общих вредных выбросов в атмосферу, а в районах расположения крупных металлургических заводов – более 50% всего количества загрязнений. В связи с этим в отрасли проделана и продолжает проводиться значительная работа по увеличению количества газоочистных установок и улучшения показателей их работы.

Основной характеристикой загрязненности воздуха является концентрация в нем примеси, т.е. количество того или иного вещества в единице объема воздуха при нормальных условиях, обычно выраженное в мг/м<sup>3</sup>.

В нашей стране установлены два вида предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ в воздухе. Это ПДК в воздухе рабочей зоны и ПДК в атмосферном воздухе населенных мест.

В свою очередь ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест подразделяются на два вида: максимально разовая ПДК<sub>м.р.</sub> – предельно допустимая максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна вызывать при вдыхании в течение 30 мин рефлекторных реакций в организме человека, и среднесуточная ПДК<sub>с.с.</sub> – предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна оказывать на человека прямого или косвенного вредного действия при неопределенно долгом (годы) воздействии.

В таблице 13 приведены ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест, а также классы опасности ряда вредных веществ, наиболее часто встречающихся в атмосфере районов размещения предприятий черной металлургии. Там же приведена оценка состояния воздушного бассейна.

Наиболее эффективным средством борьбы с выбросами пыли и вредных газообразных компонентов в воздушный бассейн предприятиями является установка газоочистных аппаратов. Однако, как показала практика, пылегазовыделения можно значительно сократить путем их подавления и локального отсоса, а также осуществления ряда мероприятий технологического и планировочного характера. В первую очередь следует внедрять малоотходную технологию, позволяющую значительно уменьшить нагрузку на газоочистные аппараты и тем самым повысить эффективность их работы, а иногда и обойтись без их установки.

Таблица 13 - ПДК вредных веществ

Вещество	Класс опасности	Предельно допустимая концентрация, мг/м <sup>3</sup>			Состояние воздушного бассейна при концентрации свыше, мг/м <sup>3</sup>			Действие на организм человека
		В воздухе рабочей зоны	В атмосферном воздухе населенных мест		Вызывает опасение	Опасное	Чрезвычайно опасное	
			ПДК м.р.	ПДК с.с.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Оксид углерода	4	20	5,0	3,0	1,0	5,0	26,0	Сильно токсичен, кровяной яд, нарушает дыхание, уменьшает потребление тканями кислорода, вызывает судороги
Предельные углеводороды (в пересчете на углерод)	4	300	-	-	1,5	7,6	37,5	Оказывает наркотическое действие, вызывает головокружение, кашель, влияет на кровяную систему
Сажа (копоть)	4	4	0,15	0,05	0,05	0,25	1,25	Канцерогенное действие, вызывает кожные заболевания
Аммиак	4	20	0,2	0,2	0,2	1,0	5,0	Оказывает раздражающее действие
Фенол	3	0,3	0,01	0,01	0,1	0,04	0,16	Общетоксичное, канцерогенное действие, всасывается через кожу
Пыль нетоксичная	3	10	0,5	0,15	0,15	0,76	3,75	Оказывает раздражающее действие, вызывает конъюнктивит, дерматиты, фиброз легких
Диоксид серы	3	10	0,5	0,06	0,06	0,18	0,2	Оказывает общетоксичное, раздражающее, эмбриотоксическое действие
Диоксид азота	2	5	0,085	0,085	0,085	0,250	0,766	Сильно токсичен, оказывает общетоксичное, раздражающее, аллергенное действие
Сероводород	2	10	0,008	0,008	0,006	0,024	0,072	Сильно токсичен, оказывает общетоксичное действие, адсорбируется неповрежденной кожей, вызывает головокружение, слезотечение, расстройство сердечно-сосудистой системы
Сероуглерод	2	1	0,03	0,005	0,005	0,015	0,045	Оказывает общетоксичное и эмбриотическое действие, способствует развитию сердечно-сосудистых заболеваний, язвенной болезни желудка

Продолжение таблицы 13								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Серная кислота	2	1	0,3	0,1	0,1	0,3	0,8	Оказывает раздражающее, прижигающее действие. Вызывает спазм гортани, поражение легких, ожоги
Соляная кислота	2	5	0,2	0,2	0,2	0,6	1,8	Оказывает раздражающее действие на верхние дыхательные пути, вызывает ожоги
Формальдегид	2	0,5	0,036	0,012	0,012	0,036	0,108	Оказывает раздражающее, общетоксичное, канцерогенное и аллергенное действие
Фтор	2	1	0,02	0,005	0,005	0,015	0,045	Оказывает раздражающее, общетоксичное, прижигающее действие, вызывает сильное раздражение глаз, отек легких, при длительном действии в малых концентрациях - флюороз
Свинец	1	0,01	-	0,0003	0,0007	0,00126	0,00224	Сильно токсичен, оказывает общетоксичное, канцерогенное, мутагенное действие, вызывает поражение нервной системы, крови и сосудов
Ртуть	1	0,01	-	0,0003	0,0003	0,00064	0,00096	Сильно токсична, оказывает раздражающее, общетоксичное, канцерогенное и аллергенное действие, всасывается неповрежденной кожей

## **4.2 Планировочные мероприятия по снижению приземных концентраций вредных веществ**

В системе мероприятий по охране атмосферного воздуха видное место занимают планировочные мероприятия, позволяющие при постоянстве валовых выбросов существенно снизить воздействие загрязнения окружающей среды на человека. Прежде всего, большое значение имеют правильный выбор площадки предприятия, взаимное расположение его цехов и жилых массивов.

Рекомендуется располагать предприятия и жилые кварталы на открытой ровной местности, хорошо продуваемой ветрами, исключающей образование застойных зон. По отношению к жилому массиву предприятие должно располагаться с подветренной стороны, чтобы большую часть года в соответствии с розой ветров выбросы уносились в сторону от жилых кварталов. Площадка жилой застройки не должна быть выше площадки предприятия, так как в противном случае преимущество высоких дымовых труб практически сводится на нет.

Площадка предприятия должна иметь положительную инверсионную характеристику. Температура воздуха в любое время года с увеличением расстояния от земной поверхности должна уменьшаться, чтобы обеспечивалась естественная вентиляция площадки предприятия даже при отсутствии ветра.

Цехи, выделяющие наибольшее количество вредных веществ, следует располагать на краю территории предприятия со стороны, противоположной жилой застройке. Взаимное расположение цехов должно быть таким, чтобы при направлении ветров в сторону жилых массивов выбросы их не объединялись.

При строительстве новых металлургических предприятий во избежание сосредоточения большого количества источников выбросов рекомендуется исключать из состава предприятия цехи, которые не являются неотъемлемой частью металлургического производства (аглофабрики, коксохимические заводы, ТЭЦ, цехи огнеупоров и т. п.). Для существующих металлургических предприятий рекомендуется такие цехи по возможности не расширять.

Санитарными нормами проектирования промышленных предприятий СН-245-71 предусмотрено отделение жилых массивов от промышленных предприятий, являющихся источниками выделения вредных веществ, санитарно-защитными зонами. Расстояние между промышленной зоной и жилым массивом определяется в зависимости от профиля предприятия, его мощности, количественных и качественных характеристик, выбросов в атмосферный воздух.

Многочисленные исследования показали, что выделяемые металлургическими предприятиями в атмосферу вредные вещества в концентрациях, превышающих ПДК, обнаруживаются в радиусе до 10 км от места выделения. Это и определяет необходимую ширину санитарно-защитной зоны.

Роль пространственных разрывов значительно повышается при озеленении их специальными породами деревьев и кустарников.

## **4.3 Технологические мероприятия по снижению вредных выбросов в атмосферу**

Важнейшим направлением снижения промышленных выбросов в воздушный бассейн является совершенствование технологии производства процессов и основного технологического оборудования. При выборе технологических агрегатов предпочтение следует отдавать более мощным агрегатам. Например, доменная печь объемом 5000 м<sup>3</sup> заменяет целый доменный цех и только за счет сокращения источников пыле- и газовойделений значительно сокращаются выбросы пыли и оксида углерода.

Замена в металлургических агрегатах топлива электроэнергией существенно снижает выбросы пыли и вредных газов. Исключение излишних операций и промежуточных звеньев, связанных с пыле- и газовойделением, может способствовать значительному снижению выбросов в атмосферу.

Переход от периодических процессов к непрерывным позволяет сильно сократить пыле- и газовыделения. Например, переход в доменных цехах от скиповой подачи материалов к транспортной сокращает пылевыделение в несколько раз. Оснащение технологических агрегатов противопылевыми устройствами значительно уменьшает выделение пыли в атмосферу. Примером подобного рода устройств могут служить аппараты для бездымной загрузки коксовых печей и многосопловые кислородные фурмы.

Сокращению количества выбросов способствует также работа на кондиционном сырье, соответствующем техническим условиям.

### ***Подавление пылегазовыделений***

При проведении технологических процессов в закрытых объемах, как это имеет место в различных печах или паровых котлах, основная масса пылегазовыделений удаляется организованно через газоотводящие тракты и дымовые трубы. В условиях, когда тот или иной процесс идет открыто, важное место в борьбе с загрязнением воздуха занимает предотвращение пылегазовыделений путем их подавления в местах образования. В зависимости от конкретных условий протекания процесса подавление пылегазовыделений может осуществляться различными способами.

*Увлажнение* сыпучих материалов, руды и пыли резко сокращает пыление по всем трактам движения и складирования этих материалов. На складах для проведения операции увлажнения используют автоматические стационарные распылители и специальные автомобили. Равномерное увлажнение, предотвращающее распиливание, обеспечивают расположением и подбором форсунок, давления воды, высоты распыления. Каждый материал имеет свою предельную влажность, при которой не происходит пылевыделение, например для пыли она равна 18-20%.

*Применение поверхностно активных веществ (ПАВ)* в узлах разгрузки пылящих материалов резко сокращает загрязнение окружающего воздуха. Эти вещества применяются в виде вырабатываемой в специальных пеногенераторах воздушно-механической пены, для образования которой используют в 2-3%-ные водные растворы ПАВ. Для различных способов разгрузки материалов разработаны разные конструкции для пылеподавления. Например, при разгрузке в бункера пена, поданная в бункер, по мере сыпки материала поднимается, образуя как бы крышку, через которую пыль не выбивается в атмосферу.

*Гидросмыв пыли* является надежным средством обеспыливания при выходе проката из валков прокатных станов: компактные струи воды подаются непосредственно на сляб или листы на выходе из валков. Коэффициент обеспыливания составляет 90-95% и выше, охлаждение проката практически не происходит.

*Организация противодавления* с помощью инертного газа позволяет подавлять выбивание грязного доменного газа в засыпной аппарат при сыпке в печь очередной порции шихты.

### ***Улавливание неорганизованных пылегазовыделений***

В тех случаях, когда процесс идет открыто и предотвратить или подавить пылегазовыделение в месте его образования не удастся, выходом из положения является улавливание пылегазовыделений с помощью цеховых фонарей, зонтов, местных укрытий (колпаков), защитных кожухов.

Цеховые фонари на крыше здания имеют большинство цехов металлургического предприятия. В этом случае вентиляция цеха происходит путем аэрации: наружный воздух, входя через проемы в нижней части цеха, нагреваясь в его атмосфере, поднимается вверх и выходит через рамы фонаря в наружную атмосферу, вынося с собой из цеха пылегазовыделения. Цеховые фонари применяют в тех случаях, когда пылегазовыделение происходит по всей площади цеха и нет возможности организовать локализованный отвод и очистку газов от места их образования. Очистку газов, выходящих из фонарей в атмосферу, применяют редко, так как объемы этих газов огромны из-за присосов балластного воздуха на пути движения газов.

Зонты и колпаки наиболее часто устанавливают непосредственно у источников пылегазовыделений. Чем ближе они к источнику, тем полнее улавливание пылегазовыделений и меньше присосы окружающего воздуха.

Для удобства обслуживания их обычно располагают не ниже 1,8-2,0 м над рабочей площадкой. Входное сечение зонта или колпака следует устраивать подобным поверхности источника вредных выделений с углом раскрытия не более 60°, скорость всасываемого газа должна составлять не менее 1-1,5 м/с. Отсасываемый газ, разбавленный воздухом, пропускают через пылеуловитель и вентилятором выбрасывают через дымовую трубу в атмосферу. Такие местные отсосы широко распространены на металлургических предприятиях. В качестве примеров источников пылегазовыделения, оборудованных такими аспирационными системами, можно назвать: дробилки, грохоты, мельницы, транспортеры в производстве агломерата и окатышей; летки, желоба, ковши в доменном производстве; миксеры и ковши в миксерном отделении; завалочные окна и разливные машины в сталеплавильных цехах.

Защитные кожухи являются наиболее совершенным типом укрытия, так как в значительной мере исключают присосы окружающего воздуха в аспирационную систему и позволяют наиболее полно удалять выделяемые источником пылегазовыделения. В настоящее время защитные кожухи получают все большее распространение. Такого рода укрытиями служат: камера вагоноопрокидывателя, бункера и некоторые узлы перегрузок на агломерационной фабрике; бункера сухого тушения кокса на коксохимическом заводе; межконусное пространство доменной печи; камера придоменной грануляции шлака в производстве чугуна; защитные кожухи электросталеплавильных печей в сталеплавильном производстве; закрытые ванны непрерывного травления в прокатном производстве и др.

Для очистки газов от химических газообразных примесей могут быть использованы следующие три метода:

1 Абсорбция, т.е. поглощение газов при промывке жидкостями. Часто выделяемый газообразный компонент вступает в химическое взаимодействие с поглощающей жидкостью с образованием растворимого в ней соединения. Такой процесс называется хемосорбцией.

2 Адсорбция – поглощение газов твердыми веществами, например, ионообменными материалами.

3 Перевод газообразных примесей с помощью специальных добавок в твердое или жидкое состояние с последующим выделением их из газа.

## **Лекция 5 Улавливание грубой пыли**

### **5.1 Классификация пылеулавливающих аппаратов**

#### **5.2 Аппараты инерционного типа**

#### **5.3 Центробежные пылеуловители**

### **5.1 Классификация пылеулавливающих аппаратов**

Наличие большого числа газоочистных аппаратов, весьма отличающихся друг от друга как по конструкции, так и по принципу действия, затрудняет точную их классификацию. По способу улавливания пыли различают аппараты механической и электрической очистки газов. В свою очередь аппараты механической очистки газов подразделяют на сухие и мокрые, а аппараты электрической очистки – на однозонные и двухзонные.

За основу может быть принята следующая классификация пылеулавливающих аппаратов, наиболее часто встречающихся на металлургических предприятиях.

Пылеулавливающие аппараты подразделяются:

#### **1 Сухие аппараты**

##### **1) гравитационно-инерционные**

а) осадительные камеры;

б) инерционные аппараты;

##### **2) фильтрующие**

а) волокнистые фильтры;

б) тканевые фильтры;

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| в) циклоны.  | в) зернистые фильтры.           |
| 2 Мокрые аппараты                                      |                                 |
| 1) промывные   | 2) жидкопленочные               |
| а) форсуночные скрубберы;                              | а) центробежные аппараты;       |
| б) скрубберы Вентури;                                  | б) ударно-инерционные аппараты; |
| в) динамические газопромыватели;                       | в) пенные аппараты.             |
| 3 Электрофильтры                                       |                                 |
| 1) однозонные  | 2) двухзонные                   |
| а) сухие пластинчатые<br>с горизонтальным ходом газов; |                                 |
| б) сухие пластинчатые<br>с вертикальным ходом газов;   |                                 |
| в) мокрые трубчатые и<br>пластинчатые.                 |                                 |

Для сепарации частиц пыли из газового потока в сухих аппаратах используют принципы инерции или фильтрования. В мокрых аппаратах это достигается промывкой запыленного газа жидкостью или осаждением частиц пыли на жидкостную пленку. В электрофильтрах осаждение происходит в результате сообщения частицам пыли электрического заряда. Вредные газообразные компоненты улавливают в аппаратах сорбционного типа.

Пыль делится на два класса: грубую и тонкую.

Грубая пыль представляет собой обычно мелкие частицы исходной шихты, уносимые из печи потоком газов. Улавливание грубой пыли осуществляется в пылевых камерах, циклонах, пылевых мешках и т.п.

Удовлетворительно улавливаются в сухих циклонах и других аппаратах центробежного типа - частицы 10-15 мкм, в полых скрубберах и сухих инерционных аппаратах - частицы 15-20 мкм, в осадительных камерах и горизонтальных коллекторах - частицы 30-40 мкм.

## 5.2 Аппараты инерционного типа

Наиболее простым пылеулавливающим устройством для первичного осаждения грубой пыли является *пылевая осадительная камера* (рисунок 1). Пылевая камера представляет собой длинный горизонтальный газопровод прямоугольного сечения. Принцип улавливания: дымовые газы, идущие по дымоходу с большой скоростью (8-10 м/с), поступают в камеру большого сечения. Скорость газов снижается в 6-10 раз, и те частицы пыли, которые ранее были увлечены газовым потоком, начинают оседать на дно пылевой камеры. Т.к. камера имеет большую длину, то длительное пребывание газов в камере позволяет грубой пыли достаточно полно выпасть из газов.

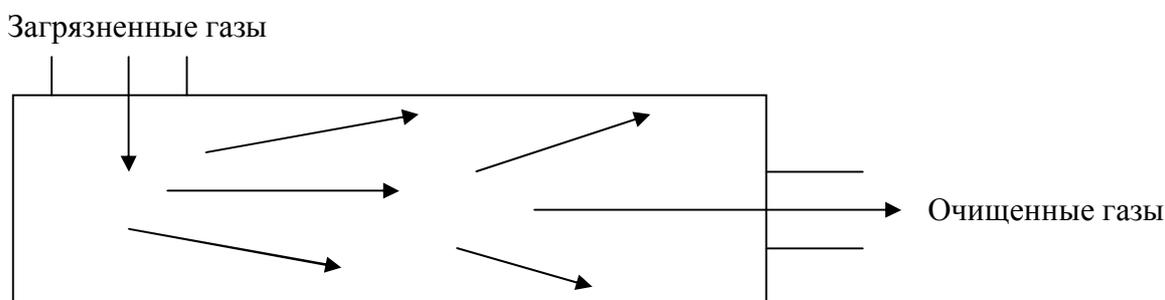


Рисунок 1- Пылевая осадительная камера

Камера делается такого сечения, чтобы скорость газов не превышала в ней 0,5-1 м/с. Длина камеры зависит от желательного времени пребывания газов в камере. Чем длиннее

камера, тем лучше пылеосаждение, но тем дороже будет стоить сама камера. Минимальная продолжительность пребывания газов в камере должна составлять 50 секунд.

Грубая пыль оседает в камере в первой её части, в конце камеры начинает оседать тонкая пыль.

Пылевая камера используется в основном для предварительной очистки газов от грубой пыли; после неё газы идут на более тонкую очистку. Вследствие низкой эффективности и больших размеров в настоящее время камеры почти не применяются.

Работа инерционных пылеуловителей основана на том, что при всяком изменении направления движения потока запыленного газа, частицы пыли под действием сил инерции сходят с линий потока, вследствие чего могут быть выведены за пределы потока и уловлены.

С помощью жалюзийной решетки (рисунок 2,а), установленной в газоходе и состоящей из ряда наклонных пластин, поток газа можно разделить на две части. Большая часть газа (~95%) огибает пластины и, частично освобождаясь при этом от пыли, продолжает двигаться дальше в прежнем направлении. Меньшая часть газа (~5%), обогащенная пылью, отводится для очистки в циклон, после чего присоединяется к основному потоку газа. Движение газа через циклон осуществляется главным образом за счет перепада давления на жалюзийной решетке.

В основе работы жалюзийного пылеуловителя лежит инерционно-отражательный принцип. С одной стороны, частицы пыли выпадают из потока газа под действием сил инерции при крутом повороте его в жалюзийной решетке, а с другой - отражаются при непосредственном ударе о пластину. В обоих случаях частицы попадают в меньшую часть потока, обогащая ее пылью.

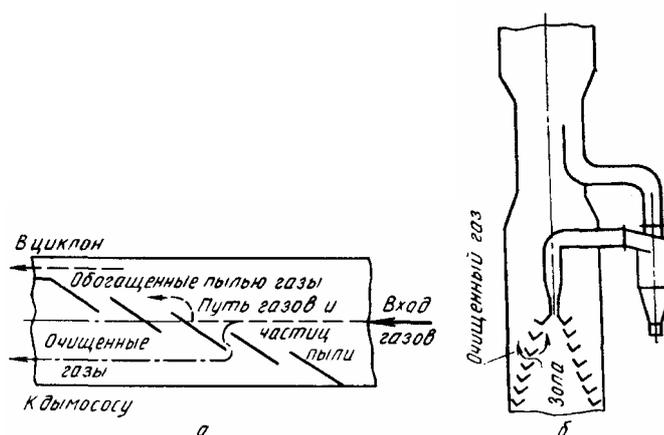


Рисунок 2 - Жалюзийный пылеуловитель  
а - принцип действия; б - схема аппарата

Оптимальная скорость подхода газа к решетке лежит в пределах 12-20 м/с в зависимости от конструкции решетки, т. е. примерно равна скорости газа в газоходах.

Оптимальная скорость отсоса газа в циклон примерно на 25% выше скорости подхода газа к решетке.

Жалюзийный пылеуловитель прост в изготовлении, затраты металла минимальны, места для установки почти не требуется, так как его размещают непосредственно в газоходе. Однако он может эффективно улавливать только крупную пыль (размером более 30-40 мкм), поэтому общая эффективность его невысока. Основное назначение этого аппарата - предохранить от износа дымососы паровых котлов, перекачивающие газ, засоренный золой (в основном крупных фракций).

*Радиальные пылеуловители (пылевые мешки)*

Пылеуловители такого типа широко применяют в доменном производстве в качестве первой ступени очистки доменного газа (рисунок 3).

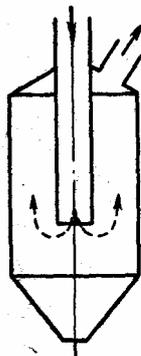


Рисунок 3 - Схема радиального пылеуловителя

По центральному газопроводу запыленный газ поступает в пылеуловитель сверху. Потеря скорости при выходе в большой объем и поворот газового потока на  $180^\circ$  создают необходимые условия для выделения из него частиц пыли размером более 100 мкм и осаждения их на дно пылеуловителя под действием силы тяжести и сил инерции. Очищенный газ отводится через специальный патрубок в верхней части пылеуловителя.

Скорость газа во входном патрубке принимают равной скорости газа в газопроводе, т.е. порядка 20 м/с, а скорость газа в подъемной части пылеуловителя не должна превышать 0,6-1,0 м/с. Повышение этой скорости приводит к ухудшению пылеосаждения, а снижение - к неоправданному увеличению габаритов пылеуловителя.

В условиях грубой очистки доменного газа эффективность радиальных пылеуловителей не превышает 60-70%. Гидравлическое сопротивление радиальных пылеуловителей обычно не более 200-300 Па.

### 5.3 Центробежные пылеуловители

Одним из наиболее распространенных пылеулавливающих аппаратов является *циклон*. Однако с высокой эффективностью циклоны способны улавливать пыль только 15-20 мкм и более. Работа циклона основана на использовании центробежных сил, возникающих при вращении газового потока внутри корпуса циклона. Это вращение достигается путем тангенциального ввода газа в циклон. В результате действия центробежных сил частицы пыли, взвешенные в потоке газа, отбрасываются на стенки корпуса и выпадают из потока. Газ, освобожденный от пыли, продолжая вращаться, совершает поворот на  $180^\circ$  и выходит из циклона через расположенную по оси выхлопную трубу (рисунок 4). Частицы пыли, достигшие стенок корпуса, под действием перемещающегося в осевом направлении вращающегося потока и сил тяжести движутся по направлению к выходному отверстию корпуса и выводятся из циклона. Ввиду того, что решающим фактором, обуславливающим движение пыли, являются аэродинамические силы, а не силы тяжести, циклоны можно располагать наклонно и даже горизонтально.

В циклонах наиболее совершенной конструкции можно достаточно полно улавливать частицы крупнее 5 мкм.

Основные условия эксплуатации циклонов сводятся к следующему:

1 Необходимо следить, чтобы в конической части циклона не накапливалась пыль. Для ее сбора под циклоном предусмотрен специальный бункер,

2 Подсос воздуха в нижней части циклона недопустим. Бункер для сбора пыли должен быть герметичным. Спуск пыли из бункера осуществляется через патрубок с двойным затвором-мигалкой (см. рисунок 4), отрегулированной так, чтобы клапаны работали поочередно.

3 Стандартные конструкции циклонов могут работать при температуре газа не выше  $400^\circ\text{C}$  и давлении (разрежении) не более 2,5 кПа.

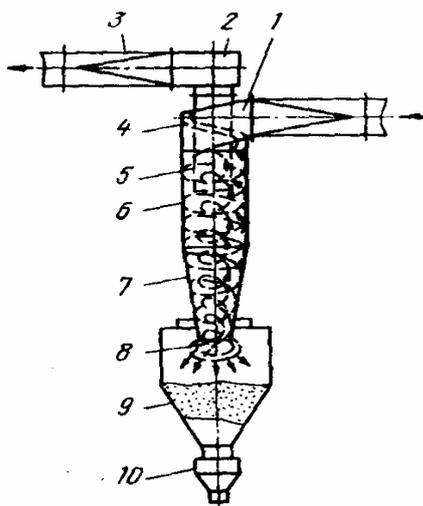
4 При работе на газе с высокой температурой циклоны внутри футеруют огнеупорными плитками, а выхлопную трубу выполняют из жаропрочной стали или керамики. При низкой наружной температуре минимальная температура стенки циклона должна превышать

температуру точки росы не менее чем на 20-25 °С. Для обеспечения этого условия стенки циклонов в ряде случаев покрывают снаружи теплоизоляцией.

5 Начальная концентрация для неслипающихся пылей в циклонах диаметром 800 мм и более допускается до 400г/м<sup>3</sup>. Для слипающихся пылей и циклонов меньших размеров концентрация пыли должна быть в 2-4 раза ниже.

6 Циклон должен работать с постоянной газовой нагрузкой. При значительных колебаниях расхода должны устанавливаться группы циклонов с возможностью отключения отдельных элементов.

7 Рекомендуется установка циклонов перед вентиляторами, чтобы последние работали на очищенном газе и не подвергались абразивному износу.



1-входной патрубком; 2-раскручивающая улитка; 3-выходной патрубком; 4-крышка; 5-выхлопная труба; 6-цилиндрическая часть; 7-коническая часть; 8-пылевывпускное отверстие; 9-бункер для пыли; 10-пылевой затвор

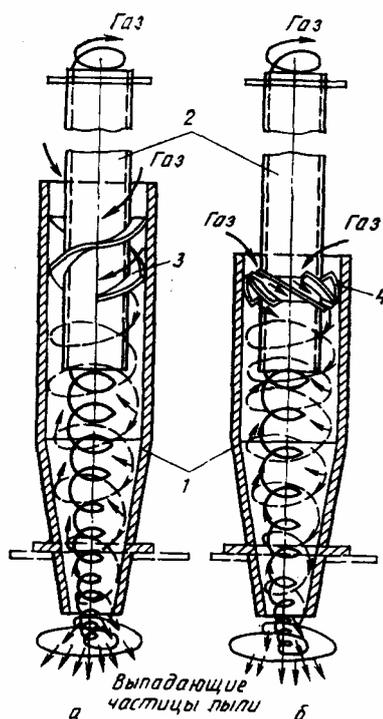
Рисунок 4 -Схема циклона

Интенсивность абразивного износа зависит от запыленности газа, скорости газового потока в циклоне и абразивных свойств пыли. Одной из мер повышения износостойкости циклона является нанесение на изнашиваемую поверхность стойких к износу покрытий, например футеровка циклона плитками из плавленого диабазы, базальта, камнелитых материалов или броневых плит. Другим способом защиты от износа является изготовление циклонов из износостойких материалов - высокопрочного чугуна или неметаллических износостойких материалов. Большое значение имеет и совершенствование конструкций циклонов в направлении подбора оптимального угла атаки газа на стенку, снижения скорости газа в циклоне, выбора оптимальной высоты циклона и угла раскрытия конуса, уменьшения вторичных течений в циклоне и т. п.

Увеличение диаметра циклона приводит к снижению его эффективности. Поэтому возникла необходимость в простых циклонных элементах небольшого диаметра, имеющих высокую степень очистки и приспособленных для объединения в большие группы с большой пропускной способностью. Применяют циклонные элементы с диаметром цилиндрической части корпуса 100-250 мм. В целях удобства объединения и компактности установки придание газовому потоку вращения достигается с помощью специальных устройств, представляющих собой либо двухлопастной винт, либо розетку (рисунок 5).

Розетки работают эффективнее, однако они чувствительнее к засорению, и поэтому их не рекомендуется использовать при чрезмерно высокой запыленности газа и слипающейся пыли. В некоторых типах батарейных циклонов применяют улиточный и полуулиточный подвод газа, Циклонные элементы компонуют в батареи, где они работают параллельно. Очищаемые газы вводятся через вводной патрубок в общую распределительную камеру, откуда распределяются по отдельным элементам. Пыль, осаждающаяся в циклонных

элементах, сыпается в общий для всех элементов бункер. Число циклонных элементов, объединенных общим пылевым бункером, не должно превышать 8 в ряду по ходу газов и 12 в ряду, перпендикулярном ему.



1-корпус элемента; 2-выхлопная труба; 3-винт; 4-розетка

Рисунок 5 - Элементы батарейных циклонов

Аналогично принципу действия циклонов работают вихревые пылеуловители (в отечественной практике не получили широкого распространения).

## Лекция 6 Мокрое пылеулавливание

### 6.1 Достоинства и недостатки мокрых пылеуловителей

#### 6.2 Пылеулавливающие аппараты с промывкой газа жидкостью

#### 6.3 Пылеуловители с осаждением пыли на пленку жидкости

### 6.1 Достоинства и недостатки мокрых пылеуловителей

Пылеуловители мокрого типа получили широкое распространение в технике. Отличительной их особенностью является захват улавливаемых частиц жидкостью, которая уносит их из аппаратов в виде шлама. В качестве орошающей жидкости в мокрых пылеуловителях чаще всего используется вода. При совместном пылеулавливании и химической очистке газов выбор орошающей жидкости (абсорбента) обуславливается процессом абсорбции.

Мокрые аппараты имеют следующие достоинства: простоту конструкции и сравнительно невысокую стоимость; более высокую эффективность по сравнению с сухими механическими пылеуловителями инерционного типа; меньшие габариты по сравнению с тканевыми фильтрами и электрофильтрами; возможность использования при высокой температуре и повышенной влажности газов; работы на взрывоопасных газах; улавливания вместе с взвешенными твердыми частицами паров и газообразных компонентов.

Однако мокрым пылеуловителям свойствен и ряд недостатков:

-значительные затраты энергии при высоких степенях очистки;

-получение уловленного продукта в виде шлама, что часто затрудняет и удорожает его последующее использование;

-необходимость организации оборотного цикла водоснабжения (отстойники, перекачивающие насосные, охладители и т.п.), что значительно увеличивает стоимость системы газоочистки;

-образование отложений в оборудовании и газопроводах при охлаждении газов до температуры точки росы или капельном уносе влаги из пылеуловителя;

-коррозионный износ оборудования и газопроводов при очистке газов, содержащих агрессивные компоненты;

-вредное влияние капельной влаги, содержащейся в газах, на стенки дымовых труб;

-ухудшение условий рассеивания пыли и вредных газов, выбрасываемых через дымовые трубы в воздушный бассейн.

Несмотря на эти недостатки, мокрые аппараты широко применяют в металлургии, особенно в случаях, когда наряду с очисткой требуется охлаждение и увлажнение газа. Мокрые аппараты устанавливают также в случае отсутствия места для размещения электрофильтров или тканевых фильтров. Рентабельность мокрой очистки газов значительно повышается в случае возможности присоединения ее к существующему водному хозяйству.

Для улавливания пыли с использованием жидкости применяют два основных способа захвата частиц пыли: каплями жидкости и пленкой жидкости. Для осуществления первого способа запыленный поток промывают диспергированной жидкостью. Во время промывки частицы пыли захватываются каплями жидкости и выводятся из газового потока. В зависимости от режима температур, давлений и влажности газа в процессе промывки может происходить испарение капель или конденсация паров из газового потока. При известных условиях частицы пыли могут служить ядрами такой конденсации. Использование конденсационного эффекта может значительно улучшить осаждение пыли.

Второй способ осаждения пыли осуществляют, направляя поток частиц пыли на поверхность жидкости, смоченную жидкостью стенку или пленку специально полученных газовых пузырей.

В соответствии со способом захвата мокрые пылеулавливающие аппараты можно разделить на две группы:

- 1) с промывкой газа жидкостью;
- 2) с осаждением пыли на пленку жидкости.

Механизмы захвата частиц пыли жидкостью те же, что и при захвате пыли элементами фильтрующего слоя.

## **6.2 Пылеулавливающие аппараты с промывкой газа жидкостью**

В зависимости от способа диспергирования жидкости пылеулавливающие аппараты этого типа делят на три группы:

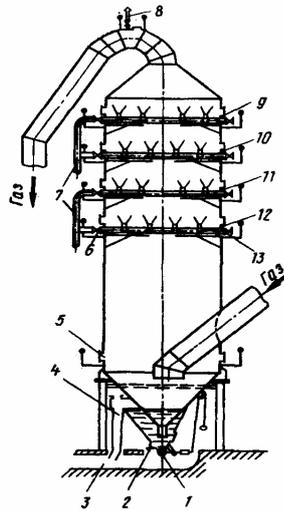
а) форсуночные скрубберы, где диспергирование жидкости осуществляется с помощью форсунок за счет энергии орошающей жидкости;

б) скрубберы Вентури, в которых дробление жидкости происходит за счет энергии турбулентного потока;

в) динамические газопромыватели, где разбрызгивание жидкости происходит за счет механической энергии вращающегося ротора.

В *форсуночных скрубберах* достаточно эффективно улавливаются частицы пыли размером более 10-15 мкм. Частицы размером менее 5 мкм практически не улавливаются. Скрубберы получили широкое распространение в металлургии, преимущественно для охлаждения и увлажнения газа, необходимых для последующей тонкой очистки газа.

В верхней части скруббера (рисунок 6) размещено несколько поясов орошения с большим числом форсунок, создающих равномерный поток мелко диспергированных капель, движущихся под действием силы тяжести вниз.



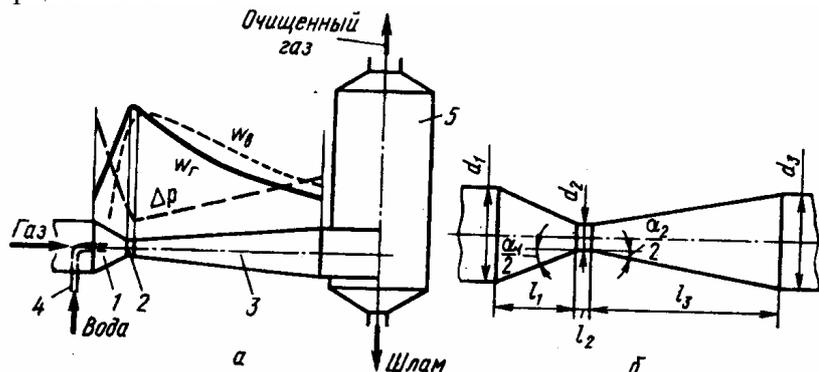
1-клапан с контргрузом; 2-смывной патрубком; 3-сливной канал; 4-гидрозатвор; 5-люк; 6-регулирующие задвижки; 7-подвод воды к зонам орошения; 8-свеча; 9-12-зоны орошения; 13-промывочные задвижки

Рисунок 6 - Общий вид форсуночного скруббера для охлаждения и увлажнения доменного газа

Нижняя часть скруббера, оканчивающаяся конусом, заполнена водой, уровень которой поддерживается постоянным. Подводимый запыленный газ направляют на зеркало воды для осаждения наиболее крупных частиц пыли, после чего, распределяясь по всему сечению скруббера, газ движется вверх навстречу потоку капель воды. В процессе промывки капли жидкости захватывают частицы пыли и коагулируют. Образовавшийся шлам собирается в нижней части скруббера, откуда непрерывно удаляется промывочной водой.

Газ, проходящий через скруббер, охлаждается до 40-50 °С и увлажняется обычно до состояния насыщения параллельно с очисткой. Скорость газа в скруббере принимают равной 0,8-1,5 м/с. При больших скоростях начинается капельный унос влаги, что способствует образованию отложений на выходном патрубке скруббера и в газопроводах.

Работа *скрубберов Вентури* основана на дроблении воды турбулентным газовым потоком, захвате каплями воды частиц пыли, последующей их коагуляции и осаждении в каплеуловителе инерционного типа.



1-конфузор; 2-горловина; 3-диффузор; 4-подача воды; 5-каплеуловитель; а - общий вид; б - нормализованная труба Вентури

Рисунок 7- Скруббер Вентури

Простейший скруббер Вентури (рисунок 7, а) включает трубу Вентури (рисунок 7, б) и прямоточный циклон. Труба Вентури состоит из служащего для увеличения скорости газа конфузора, в котором размещают оросительное устройство, горловины, где происходит осаждение частиц пыли на каплях воды, и диффузора, в котором протекают процессы коагуляции, а также за счет снижения скорости восстанавливается часть давления,

затраченного на создание высокой скорости газа в горловине. В каплеуловителе тангенциального ввода газа создается вращение газового потока, вследствие чего смоченные и укрупненные частицы пыли отбрасываются на стенки и непрерывно удаляются из каплеуловителя в виде шлама.

Скрубберы Вентури могут работать с высокой эффективностью (96÷98% на пылях со средним размером частиц 1-2 мкм) и улавливать высокодисперсные частицы пыли (вплоть до субмикронных размеров) в широком диапазоне ее начальной концентрации в газе: 0,05-100 г/м<sup>3</sup>. При работе в режиме тонкой очистки скорость газов в горловине должна поддерживаться в пределах 100-150 м/с, а удельный расход воды - в пределах 0,5-1,2 дм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>. Это обуславливает необходимость большого перепада давления ( $\Delta p=10\div 20$  кПа) и, следовательно, значительных затрат энергии на очистку газа.

В ряде случаев, когда труба Вентури работает только как коагулятор перед последующей тонкой очисткой (например, в электрофильтрах) или для улавливания крупной пыли размером частиц более 5-10 мкм, скорости в горловине могут быть снижены до 50-100 м/с, что значительно сокращает энергозатраты.

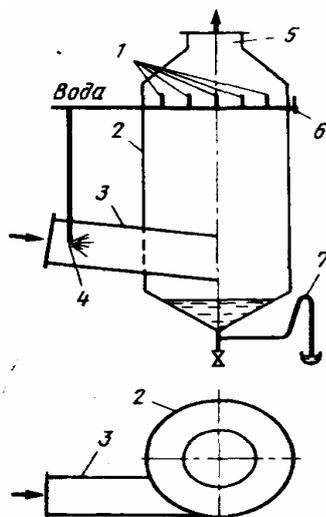
Отличительной особенностью *динамических газопромывателей* является применение для диспергирования жидкости механической энергии. Наиболее типичными представителями этой группы пылеуловителей являются дезинтеграторы, вентиляторы, мокрые пылеуловители (ВМП), вентиляторные скрубберы и др.

Вследствие значительного расхода энергии, а также относительной сложности эксплуатации и ремонта динамические газопромыватели в отечественной практике практически не применяются.

### 6.3 Пылеуловители с осаждением пыли на пленку жидкости

Для успешной работы аппаратов этого типа необходимо, во-первых, образование непрерывно обновляющейся пленки или слоя жидкости, улавливающих частицы пыли и отводящих их с рабочей поверхности, и, во-вторых, подвод частиц пыли к этой пленке или слою жидкости. В зависимости от того, как решаются эти вопросы, пылеулавливающие аппараты делят на несколько типов.

В аппаратах *центробежного типа* частицы пыли отбрасываются на стенку центробежными силами, возникающими при вращении газового потока в аппарате за счет тангенциального подвода газа. Непрерывно стекающая вниз пленка на стенке аппарата создается за счет подачи воды специальными соплами, расположенными в верхней части аппарата (рисунок 8).



1-оросительные сопла; 2-корпус; 3-входной патрубок; 4-смывные сопла; 5-выходной патрубок; 6-оросительный коллектор; 7-гидрозатвор

Рисунок 8 - Схема центробежного скруббера

Аппарат представляет собой вертикально стоящий стальной цилиндр, имеющий коническое днище и тангенциально расположенный входной патрубок, с толщиной стенки 5-6 мм. Во избежание быстрого износа вследствие коррозии и абразивного действия пыли скруббер внутри футеруется керамической плиткой. Вода подводится внутрь через установленные на расстоянии 600 мм друг от друга сопла, над которыми размещен брызгоулавливающий козырек. Струя воды, выходящая из сопла, направлена тангенциально к стенке в сторону вращения потока газа во избежание интенсивного уноса брызг. Образующаяся на стенке сплошная водяная пленка по спирали, направление которой совпадает с направлением вращения газового потока, непрерывно стекает вниз.

Частицы пыли, отбрасываемые на пленку под действием центробежных сил, захватываются ею и в виде шлама выводятся из скруббера через приемный бункер и гидравлический затвор.

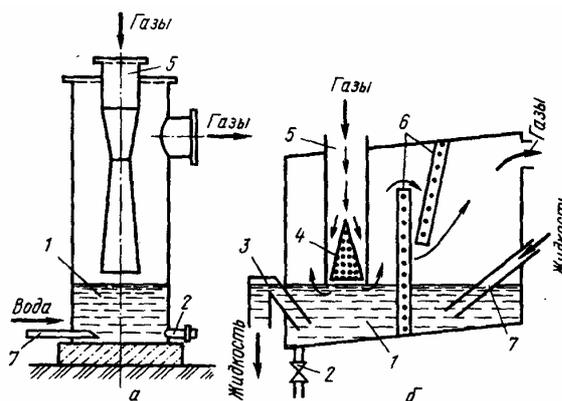
Расход воды при работе центробежного скруббера определяется требованием создания на внутренней поверхности аппарата сплошной водяной пленки толщиной не менее 0,3 мм. Такая толщина пленки предотвращает ее разрыв и образование отложений на стенках аппарата.

При прохождении через центробежный скруббер газы вследствие процесса теплообмена с водой охлаждаются. Температуру газов на выходе из скруббера можно найти по следующему приближенному уравнению:

В центробежных скрубберах одновременно с охлаждением газов происходит адсорбция из них  $SO_2$ . Степень улавливания  $SO_2$  водой обычно составляет 40-50%.

Вследствие низкой степени очистки центробежные скрубберы типа ЦС-ВТЦ как пылеулавливающие аппараты в настоящее время не применяются, однако они широко используются в качестве каплеуловителей в скрубберах Вентури. В этом случае вода на орошение не подается.

*Ударно-инерционный пылеуловитель* (рисунок 9, а). При резком повороте на  $180^\circ$  газового потока, направленного с большой скоростью (20-30 м/с) на поверхность жидкости, взвешенные в газе частицы за счет сил инерции ударяются об эту поверхность и улавливаются ею. Образующийся шлам отводится непрерывно или периодически через гидрозатвор, а очищенные газы уходят через выпускной газопровод. Такой простейший пылеуловитель ударно-инерционного действия способен улавливать лишь крупные частицы ( $d_p > 20$  мкм) хорошо смачиваемой пыли.



1-резервуар с жидкостью; 2-шламоотвод; 3-слив; 4-рассекающий конус; 5-входной патрубок; 6-брызгоуловитель; 7-ввод жидкости;

а - ударно-инерционный пылеуловитель; б - скруббер Дойля.

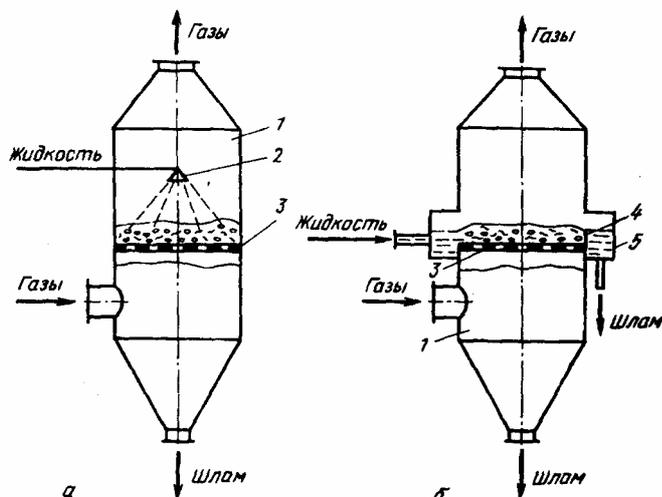
Рисунок 9 - Аппараты ударно-инерционного действия

*Скруббер Дойля* (рисунок 9, б). Через кольцевую щель, образованную входным патрубком и вдвинутым в него конусом, запыленный газ со скоростью 30-50 м/с ударяется о поверхность жидкости, находящейся на 2-3 мм ниже кромки трубы. За счет инерционных

сил и образующейся вокруг щели завесы из капель жидкости частицы пыли улавливаются водой; шлам, собирающийся на дне пылеуловителя, периодически удаляется из него.

Очищенный газ выводится из аппарата, предварительно пройдя брызгоуловители, т.е. перегородки, расположенные по ходу газа. Уровень воды в аппарате поддерживается постоянным с помощью гидрозатвора. Удельный расход воды в скрубберах Дойля составляет -  $0,15 \text{ кг/м}^3$ . Гидравлическое сопротивление аппарата около  $1,5 \text{ кПа}$ . В скруббере Дойля с высокой эффективностью улавливаются частицы размером более  $10\text{-}15 \text{ мкм}$ .

Простейший *пенный пылеуловитель* представляет собой аппарат, перегороденный горизонтальной тарелкой с равномерно распределенными мелкими отверстиями. Запыленный газ подается под тарелку и отсасывается из верхней части аппарата; пылездерживающая жидкость подается на тарелку сверху. Отработавшую жидкость можно отводить двумя способами: полным провалом ее через тарелку в бункер (рисунок 10, а) или частичным переливом через порог, установленный в конце решетки с краю (рисунок 10, б). Обычно применяют тарельчатые аппараты, работающие в провальном режиме.



1-корпус; 2-ороситель; 3-тарелка; 4-порог; 5-сливной отсек;  
а - с провальными тарелками; б - с переливом  
Рисунок 10 - Тарельчатые аппараты

*Аппарат с провальными тарелками.* При малых скоростях газа наблюдается барботажный режим, при котором газ движется отдельными пузырями через слой жидкости. При скорости газа в аппарате  $1\text{-}1,2 \text{ м/с}$  барботажный режим сменяется пенным, при котором жидкость, находящаяся на тарелке, переходит в состояние турбулизированной пены. С момента возникновения пены резко увеличивается межфазная поверхность и снижаются диффузионные и термические сопротивления. Межфазная поверхность вследствие проникновения вихрей каждой из фаз через границу их раздела непрерывно разрушается и снова восстанавливается, т.е. постоянно обновляется, что способствует отводу уловленной пыли, которая непрерывно осаждается на образующейся пленке жидкости. Образующийся шлам удаляется с жидкостью, протекающей через тарелки в бункер аппарата.

Важным свойством пенного режима является его автомодельность. Высота слоя пены и гидравлическое сопротивление аппарата практически не зависят от его размеров.

*Аппарат с переливными решетками.* Отличительной чертой переливных решеток является устройство для слива отработавшей жидкости в сливную коробку. Для фиксирования определенной толщины слоя жидкости решетку снабжают переливным порогом.

Применение переливных решеток позволяет в  $2\text{-}3$  раза сократить расход воды на очистку, составляющей  $0,2\text{-}0,3 \text{ дм}^3/\text{м}^3$ . Однако из-за возможности образования отложений пенные аппараты с переливными решетками не применяют в качестве пылеуловителей.

Корпус пенного аппарата может быть прямоугольным и цилиндрическим. В первом случае легче обеспечить равномерное распределение жидкости, во втором – равномерное

распределение газа. Размеры пенного аппарата определяются возможностью равномерного распределения газа, и диаметр его не должен превышать 2,0–2,5 м.

Иногда пенные аппараты выполняют многополочными. Иногда на полках размещают насадку из колец Рашига или шаров из полиэтилена или стекла. Однако это не дает значительного повышения эффективности пылеулавливания.

## **Лекция 7 Очистка газов от тонкой пыли**

### **7.1 Фильтрующие аппараты**

#### **7.2 Электрофильтры**

### **7.1 Фильтрующие аппараты**

Для тонкого пылеулавливания применяют фильтрующие аппараты и электрофильтры.

В основе работы пористых фильтров всех видов лежит фильтрация запыленного газа через пористую перегородку, в процессе которой частицы пыли, взвешенные в газе, задерживаются перегородкой, а газ беспрепятственно проходит сквозь неё.

Пористые фильтры могут весьма полно и эффективно задерживать, частицы пыли любых размеров и, как правило, отличаются высокой эффективностью.

В зависимости от вида, структуры и условий работы пористой перегородки, уловленные частицы пыли либо осаждаются на стенках поровых каналов, накапливаясь во всем объеме, занимаемом пористой перегородкой, либо образуют на лобовой поверхности перегородки пылевой слой, являющийся высокоэффективной фильтрующей средой.

В обоих случаях скорость процесса фильтрации определяется перепадом давления на пористой перегородке, создаваемым вентилятором или другим побудителем тяги.

Применяемые пористые перегородки по своей структуре и свойствам весьма разнообразны. Они могут представлять собой зернистые слои, металлические сетки, керамику и металлокерамику, волокнистые материалы, бумагу, ткани.

Размеры поровых каналов в фильтрующей перегородке обычно во много раз превышают размеры улавливаемых частиц пыли, поэтому фильтрацию нельзя рассматривать как процесс просеивания через какое-то сито. Улавливание частиц, проникающих вглубь, происходит за счет осаждения их на стенках каналов, образованных твердыми элементами пористой перегородки, где они удерживаются силами адгезии (сцепления).

Фильтрующие аппараты делят на волокнистые, тканевые и зернистые фильтры.

*Волокнистыми фильтрами* называют пористые перегородки, составленные из беспорядочно расположенных, однако более или менее равномерно распределенных по объему волокон, каждое из которых принимает участие в осаждении аэрозольных частиц.

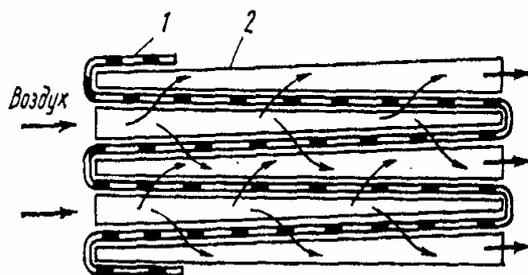
В связи с высокой пористостью ( $\alpha < 0,1$ ) аэрозольные частицы легко проникают в глубину пористой перегородки, и сепарация их осуществляется всем объемом загрузки фильтра. Регенерация отработавших волокнистых фильтров в большинстве случаев затруднена и нерентабельна. По окончании срока службы отработавшую фильтрующую среду заменяют новой.

Вследствие этого волокнистые фильтры применяют главным образом для фильтрации слабозапыленных потоков с концентрацией пыли не более  $5 \text{ мг/м}^3$ . Волокнистые фильтры широко применяют для очистки атмосферного воздуха в системах приточной вентиляции, кондиционирования и воздушного отопления, а также в ряде установок специального назначения.

Для создания фильтрующих перегородок используют как естественные, так и специально изготовленные волокна толщиной 0,01–100 мкм, например, отходы текстильного производства, шлаковую вату, целлюлозно-асбестовые волокна, стекловолокно, волокна из кварца, базальта, графита, различных металлов, алюмоборсиликатов, полимеров и т. п.

В СССР были созданы и до сих пор широко используются фильтрующие материалы типа ФП (фильтры Петрянова), изготовленные из полимерных смол. Эти фильтры имеют незначительную толщину слоя (0,2–1,0 мм), в котором на марлевою подложку или основу из

более толстых полимерных волокон очень равномерно нанесены в несколько слоев синтетические полимерные волокна толщиной 1-2 мкм. Основной отличительной чертой этих фильтров является высокая эффективность задержания мельчайших частиц, в том числе и наиболее проникающих при сравнительно низком аэродинамическом сопротивлении.



1-фильтрующий материал; 2-клинообразная рамка

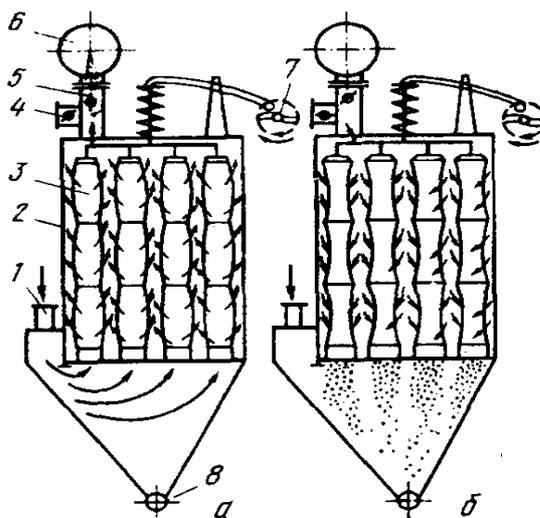
Рисунок 11 - Схема волокнистого фильтра

Условия работы фильтров типа ФП: скорость фильтрования 1-10 см/с; начальная концентрация пыли до  $0,5 \text{ мг/м}^3$ ; температура газа до  $60 \text{ }^\circ\text{C}$ . При этих условиях степень очистки может достигать 99,9 % и выше.

Волокнистые фильтры из других, более грубых синтетических волокон (лавсана и др.) часто применяют для улавливания мелких капель в фильтрах-туманоуловителях.

Широко распространены рамочные фильтры (рисунок 11).

Наиболее распространенным типом *тканевого фильтра* является рукавный фильтр, схема работы которого приведена на рисунке 12. Главным элементом такого фильтра является рукав, изготовленный из фильтровальной ткани. Корпус фильтра разделен на несколько герметизированных камер, в каждой из которых размещено по несколько рукавов. Газ, подлежащий очистке, подводится в нижнюю часть каждой камеры и поступает внутрь рукавов. Фильтруясь через ткань, газ проходит в камеру, откуда через открытый выпускной клапан поступает в газопровод чистого газа (рисунок 12,а). Частицы пыли, содержащиеся в неочищенном газе, оседают на внутренней поверхности рукава, в результате чего сопротивление рукава проходу газа постепенно увеличивается. Когда оно достигнет некоторого предельного (по условиям тяги) значения, фильтр переводится на режим регенерации (рисунок 12,б), т. е. рукава освобождаются от осевшей на них пыли.



1-входной патрубок; 2-корпус фильтра; 3-рукав; 4-продувочный клапан; 5-выпускной клапан; 6-коллектор очищенного газа; 7-вал механизма встряхивания; 8-пылевывозное устройство; а - режим фильтрования; б - режим регенерации

Рисунок 12 - Схема рукавного фильтра с обратной продувкой и встряхиванием

Наиболее часто регенерация осуществляется обратной продувкой. Продувочный воздух от специального вентилятора направляют внутрь камеры через открытый продувочный клапан (выпускной клапан закрыт). Фильтруясь через рукав в обратном направлении, воздух разрушает образовавшийся на внутренней поверхности рукава слой пыли, которая падает в бункер, откуда удаляется при помощи шнека или другого устройства. Отработавший продувочный воздух через подводящий газ патрубок поступает в газопровод неочищенного газа. В целях повышения эффективности регенерации одновременно с обратной продувкой осуществляется встряхивание рукавов, для этого используется специальный встряхивающий механизм, перемещающий вверх и вниз крышку, к которой крепится рукав.

По структуре фильтровальные материалы подразделяют на тканые и нетканые. Тканые материалы представляют собой переплетение нитей диаметром до 300-700 мкм. Продольные нити называют основой, а поперечные утком. Характер переплетения может быть различным. В случае специальной обработки — ворсования на поверхности ткани образуется ворс из спутанных между собой волокон.

К нетканым материалам относятся фильтровальные войлоки и фетры, представляющие собой плотные слои беспорядочно перепутанных волокон, получаемые в основном на специальных иглопробивных машинах. Свойства фетров зависят от свойств волокон, из которых они изготовлены.

В условиях работы фильтров на металлургических предприятиях к тканям предъявляют следующие требования:

- 1) термостойкость, достаточная для работы в условиях температур отходящих газов металлургических агрегатов;
- 2) химическая стойкость по отношению к агрессивным компонентам, присутствующим в отходящих газах;
- 3) механическая прочность по отношению к истиранию и многократным изгибам во время регенерации тканей, а также стабильность размеров при рабочих условиях;
- 4) высокая пылеемкость при фильтрации и способность удерживать при регенерации часть пыли, что обеспечивает достаточно высокую эффективность после регенерации;
- 5) сохранение максимальной воздухопроницаемости в запыленном состоянии;
- 6) минимальное влагопоглощение и способность к легкому удалению накопленной влаги (малая гигроскопичность);
- 7) умеренная стоимость.

Выбор вида ткани определяется в основном температурой, а также влагосодержанием и агрессивными свойствами газового потока, сроками службы ткани в рабочих условиях и стоимостью ткани.

Наряду с тканями из натуральных волокон (хлопок, лен, шерсть) широко применяют ткани из синтетических волокон — капрон, нитрон, лавсан, а также стеклоткани. Используют и нетканые материалы: фетр и войлок.

В настоящее время чаще используют синтетические материалы. Наиболее распространены нитрон и лавсан, обладающие повышенной термостойкостью, достаточной химической стойкостью и механической прочностью наряду с хорошей фильтрующей способностью. Срок службы рукавов из этих тканей 6-12 мес.

Фильтровальные материалы из стекловолокна характеризуются высокой термостойкостью и достаточной химической стойкостью. Главный недостаток стекловолокон - низкая изгибоустойчивость, вследствие чего рукава быстро выходят из строя. Для улучшения свойств стеклоткани ее обрабатывают кремний-органическими соединениями. Получены стеклоткани, выдерживающие температуры до 500 °С.

В последнее время начато производство термостойких волокон (оксалан и сульфон) и тканей из них, обладающих той же термостойкостью, что и стеклоткани, но значительно более гибких и эластичных. Испытания этих тканей показали их достаточно хорошие фильтрующие свойства.

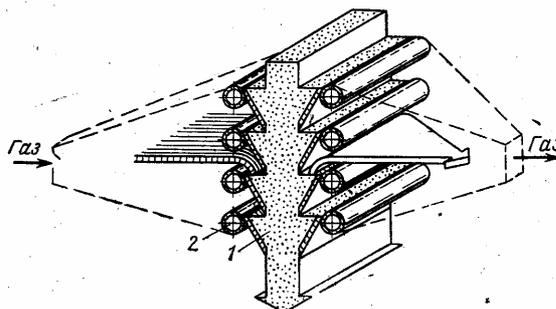
Начат выпуск металлотканей и войлоков, выдерживающих температуры до 600 °С и выше. Длительного промышленного опыта работы фильтров из этих материалов в металлургии пока нет.

В *зернистых фильтрах* фильтрация газа идет через слой зернистого материала – гравия, шлака, разных дробленых материалов, колец Рашига и т.п.

На металлургических заводах применяют зернистые фильтры кассетного типа для очистки воздуха перед доменными воздуходувками. Фильтр набирают из множества выдвижных кассет размером 0,5х0,5х0,1 м, наполненных насадкой, смоченной висциновым маслом.

Однако, вследствие низкой эффективности и большой затраты ручного труда при регенерации висциновые фильтры не удовлетворяют предъявляемым требованиям.

Стремление упростить процессы регенерации привело к созданию конструкций фильтров с движущимся зернистым слоем. Наиболее перспективны конструкции с вертикальным расположением слоя, при котором движение слоя осуществляется за счет силы тяжести (рисунок 13). В таком фильтре при работе питателя загрязненные слои фильтра непрерывно выводятся из газохода и заменяются чистыми.



1-зернистый слой; 2-водоохлаждаемая труба

Рисунок 13 - Зернистый фильтр с движущимся слоем зернистого материала

В металлургии особенно перспективно применение таких материалов, которые в дальнейшем могут быть использованы в технологическом процессе. Например, применяя в качестве фильтрующего материала чугунную дробь, железорудные концентраты, дробленную стружку и т.д., можно вообще отказаться от процесса регенерации и направлять отработавший фильтрующий материал вместе с уловленной пылью на аглофабрику или подавать его непосредственно в печь. Если жалюзийную решетку сделать водоохлаждаемой, то становится возможной очистка газов при высокой температуре, что особенно важно для металлургии.

## 7.2 Электрофильтры

В *электрофильтрах* при пропускании запыленного газового потока через сильное электрическое поле частицы пыли получают электрический заряд и ускорение, заставляющее их двигаться вдоль силовых линий поля с последующим осаждением на электродах.

Вследствие того, что силы, вызывающие осаждение частиц пыли, приложены в этом случае только к самим частицам, а не ко всему потоку газа, расход энергии при электрической очистке значительно ниже, чем для большинства других пылеулавливающих аппаратов.

Электрофильтры по устройству сложнее и в эксплуатации дороже, но пригодны для улавливания частиц тоньше 1 мкм, составляющих возгоны.

Электрофильтры можно классифицировать по многим признакам.

По расположению зон зарядки и осаждения электрофильтры делят на однозонные и двухзонные. В однозонных электрофильтрах зоны зарядки и осаждения совмещены, а в двухзонных - коронирующие и осадительные электроды разделены и размещены в разных конструктивных зонах.

В соответствии с направлением движения газового потока фильтры разделяют на горизонтальные и вертикальные.

По форме осадительных электродов различают электрофильтры пластинчатые, трубчатые и иногда шестигранные.

По числу последовательно расположенных полей электрофильтры бывают однополюсными и многополюсными, а по числу параллельно работающих секций – односекционными и многосекционными.

Вывод уловленной пыли может осуществляться в сухом виде посредством встряхивания электродов и в мокром виде смывом водой. В соответствии с этим различают сухие и мокрые электрофильтры (рисунок 14).

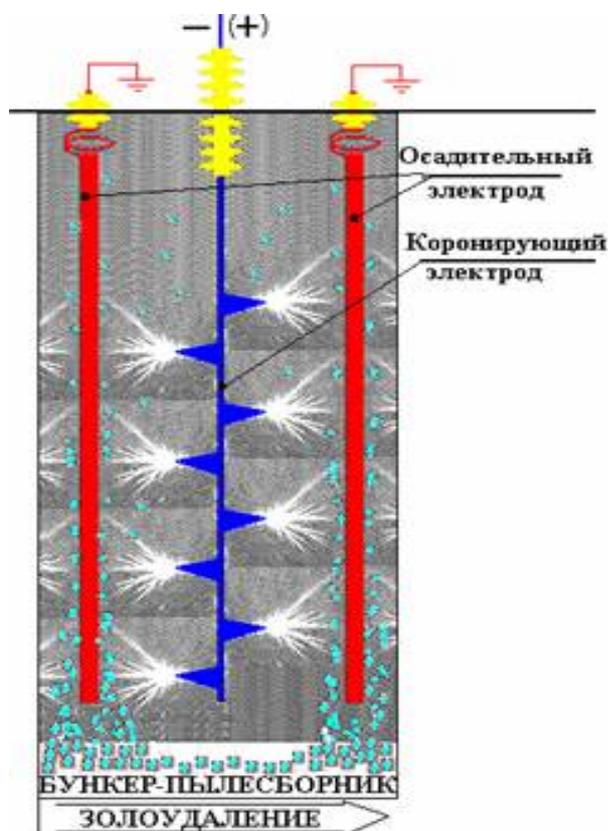


Рисунок 14 – Принципиальная схема электрофильтра

Рабочий элемент электрофильтра - пара металлических электродов: один с большой поверхностью - осадительный, другой с малой - коронирующий. Коронирующий электрод - вертикально подвешенная проволока с грузом на конце или стальной прутком. Осадительный - бывает в виде трубы (трубчатые электрофильтры) или пластин с двух сторон ряда проволок (пластинчатые электрофильтры). Запыленный газ движется между электродами вдоль проволок снизу вверх. Между электродами создается электрическое поле постоянного тока напряжением 30-60 тыс. В, в котором газ ионизируется и возникает свечение - «корона». Встречаясь с ионами, частицы пыли заряжаются одноименно с коронирующим электродом и отталкиваются от него. Притягиваясь к пластинам или трубе, они теряют заряд и оседают. Периодическими ударами механических молотов или иным способом пыль сбрасывается в бункер.

Сухие электрофильтры могут работать при температурах до 450 °С с коэффициентом полезного действия 98-99%. Мокрые электрофильтры при температурах 30-40 °С удавливают из влажного газа особо тонкие возгоны и аэрозоли, они служат для газоочистки.

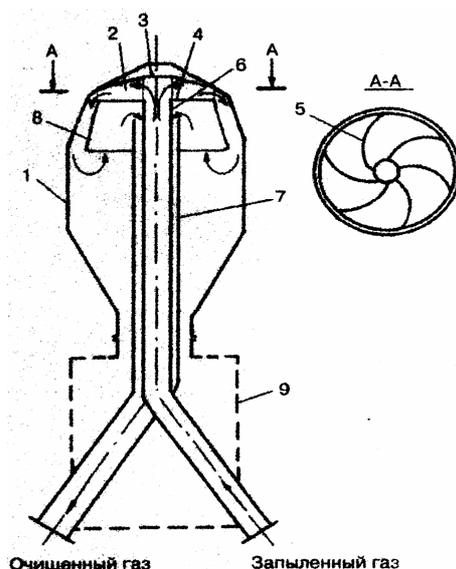
В настоящее время ведутся научно-исследовательские разработки по созданию принципиально новых и совершенствованию уже известных конструкций пылеуловителей с целью достижения максимально возможного улавливания тонкодисперсных материалов.

Коллективом исследователей из ЗАО «Галнахский завод дробильного оборудования» и Ярославского госуниверситета разработан новый высокоэффективный пылеуловитель для мелкодисперсной пыли, совмещающий как центробежный, так и инерционный способы

сепарации пыли. Такое сочетание позволяет значительно повысить степень улавливания мелкодисперсных частиц из потоков вентиляционных и технологических газов.

Конструкция инерционно-центробежного пылеуловителя представлена на рисунке 15.

Аппарат включает корпус, внутри которого размещен завихритель, выполненный в виде полого диска, состоящего из верхней и нижней стенки. Внутри завихрителя расположены закручивающие лопатки. По оси корпуса проходит патрубок ввода запыленного газа, примыкающий к нижней стенке завихрителя. Концентрично снаружи патрубка ввода установлен патрубок вывода очищенного газа. По наружному нижнему краю диска завихрителя установлен экран в виде усеченного конуса. В нижней части корпуса расположен бункер для сбора пыли.



1-корпус; 2-завихритель; 3-верхняя стенка; 4-нижняя стенка; 5-закручивающие лопатки; 6-патрубок ввода запыленного газа; 7-патрубок вывода очищенного газа; 8-экран; 9-бункер для сбора пыли

Рисунок 15 - Конструкция инерционно-центробежного пылеуловителя

Пылеуловитель работает следующим образом. Запыленный газ через входной патрубок поступает в завихрительное устройство, в котором расположены лопатки, способствующие закручиванию пылегазового потока.

Отделение частиц пыли в закрученном потоке происходит под действием центробежных сил в пространстве между корпусом и экраном. Вихревой поток, опускаясь по спирали вниз, поворачивает на  $180^\circ$  и по внутренней спирали меньшего радиуса попадает под экран. Далее, снова изменив свое направление на  $180^\circ$ , уже очищенный газ поступает в патрубок вывода. Отделившаяся пыль по стенке корпуса под действием силы тяжести опускается в нижнюю часть корпуса и собирается в бункере.

Расположение входного патрубка по центру аппарата обеспечивает сохранение высокой скорости газа (до 20 м/с) в верхней части аппарата, в отличие от обычных циклонов, где в зоне ввода очищаемого потока скорость падает до 2-4 м/с. Такое конструктивное решение существенно увеличивает центробежную силу и тем самым значительно повышает эффективность пылеулавливания.

При проведении промышленных испытаний аппарат показал высокую эффективность разделения пылевоздушной смеси – 98,6%.

## Лекция 8 Общие рекомендации по выбору газоочистных аппаратов

Выбор пылеулавливающих аппаратов без должного учета многочисленных факторов, влияющих на их работу, часто приводит к низкой эффективности и недостаточной

надежности их работы. В основу выбора пылеулавливающего аппарата должны быть положены результаты расчета предельно допустимого выброса (ПДВ), устанавливающего, какое количество пыли данный аппарат может выбросить в атмосферу без превышения предельно допустимых концентраций в расчетных точках. На основании допустимой конечной и заданной начальной концентраций можно определить, с какой степенью очистки должен работать пылеулавливающий аппарат. Следует иметь в виду, что при высокой эффективности стоимость пылеуловителей резко возрастает с увеличением степени очистки.

Исходя из этих параметров, можно ориентировочно выбирать газоочистительные устройства по данным, приведенным в таблице 14.

Таблица 14 – Параметры выбора газоочистных устройств

Аппарат	Размеры улавливаемых частиц, мкм	Степень очистки, %
Пылеосадительные камеры	5-20000	40-70
Центробежные пылеосадители	3-100	45-85
Электрофильтры	0,005-10	85-99
Гидравлические пылеуловители	0,01-10	85-99
Газовые фильтры	2-10	85-99

Приведенные данные дают представление лишь о порядке соответствующих величин, которые могут изменяться в широких пределах в зависимости от состояния, состава и свойств поступающего на очистку запыленного газа. Как видно из таблицы, пылеосадительные камеры и центробежные пылеосадители можно применять только для сравнительно грубой очистки газа. При этом следует отдавать предпочтение циклонам как более компактным аппаратам, обеспечивающим относительно высокую степень очистки. Более полная степень очистки газов может быть достигнута при использовании гидравлических пылеуловителей, газовых фильтров и электрофильтров.

При выборе аппаратов газоочистки предпочтение следует отдавать сухим методам. Они не требуют сооружения дорогостоящих систем водоснабжения и шламовой канализации, облегчают утилизацию уловленного продукта, снижают коррозионный износ оборудования и коммуникаций, характеризуются меньшим потреблением электроэнергии и воды, улучшают условия рассеивания вредных выбросов в атмосфере.

Установка мокрых пылеуловителей может быть оправдана при отсутствии места для размещения более громоздких рукавных фильтров и электрофильтров, очистке взрывоопасных газов, очистке газов, требующих охлаждения и увлажнения.

Газоочистные аппараты, как правило, устанавливают непосредственно за технологическими агрегатами, для очистки отходящих газов которых они предназначены. Такая индивидуальная установка сокращает протяженность газоходов, а следовательно, и подсосы воздуха, часто достигающие больших значений. Например, в мартеновском производстве даже при индивидуальной установке газоочисток коэффициент избытка воздуха перед ней  $\alpha \approx 2$ , что обуславливает увеличение в два раза сечения газоходов и дымовых труб, газоочистных аппаратов и дымососов, а также потребление последними электроэнергии. Централизованная установка газоочистных аппаратов, при которой подсосы воздуха будут более значительными, не нашла сколько-нибудь значительного применения. Это объясняется также тем, что газоочистные аппараты не требуют резерва, так как продолжительность их работы без остановки на текущий ремонт не меньше срока кампании технологического агрегата.

Одним из основных факторов, влияющих на выбор типа пылеулавливающего аппарата, является дисперсный состав пыли: чем мельче пыль, тем более дорогие и громоздкие аппараты приходится применять для ее улавливания.

Для высокоэффективной очистки газов от мелкодисперсной (возгонной) пыли пригодны три типа аппаратов: тканевые фильтры, электрофильтры и скрубберы Вентури. В пенных аппаратах и ротоклонах удовлетворительно улавливаются частицы пыли размером 3-5 мкм, в мокрых аппаратах центробежного типа - частицы 6-8 мкм, в сухих циклонах и других аппаратах центробежного типа - частицы 10-15 мкм, в полых скрубберах и сухих инерционных аппаратах - частицы 15-20 мкм, в осадительных камерах и горизонтальных коллекторах - частицы 30-40 мкм.

Тканевые фильтры с рукавами из синтетических тканей (лавсана, нитрона) обеспечивают надежную и устойчивую очистку газов при температуре не выше 130 °С, а из стеклотканей - при 250 °С; однако они дороги и имеют большие габариты вследствие низких скоростей фильтрования ( $w = 0,5 \div 1,0$  м/мин). Тканевые фильтры не рекомендуется применять при высокой абразивности и значительной слипаемости пылей, а также при высокой влажности газа. В случае высокой токсичности пыли для доочистки газа применяют рукавные фильтры со струйной продувкой (РСФП) и повышенной скоростью фильтрования ( $w = 5-6$  м/мин).

В случае, если температура газов превосходит 300 °С, а также для агрессивных газов можно применять зернистые насыпные фильтры, которые вследствие более высоких скоростей фильтрования занимают значительно меньше места по сравнению с тканевыми; однако по эффективности очистки зернистые фильтры значительно уступают тканевым.

Наибольшую конкуренцию тканевым фильтрам в металлургии составляют электрофильтры. Вследствие больших скоростей фильтрования (1-1,5 м/с) они занимают несколько меньше места и являются более дешевыми по сравнению с тканевыми фильтрами, хотя разница и в том, и в другом отношении невелика. Электрофильтры можно применять при температурах до 330 °С (ЭГА), а некоторые конструкции даже до 425 °С (ЭГТ). Электрофильтры в меньшей степени, чем тканевые, чувствительны к абразивности и слипаемости пыли. Повышенная влажность газа благоприятно сказывается на работе электрофильтра. Химический состав газа в меньшей степени влияет на работу электрофильтра, а наличие сернистых соединений даже повышает эффективность очистки. Электрофильтры чувствительны к параметрам газа, и при колебании их может снижаться эффективность аппаратов. При наличии в пыли извести нельзя применять мокрые пылеуловители, так как в них будут образовываться трудноудаляемые отложения.

Малая насыпная плотность и углы естественного откоса могут вызвать затруднения при удалении пыли из аппаратов. В этом случае следует принимать повышенные углы наклона стенок бункеров и снабжать последние вибровстряхивающими устройствами.

Пылеуловители обычно устанавливают на всасывающей стороне вентиляторов и дымососов, так как в этом случае роторы последних в меньшей степени подвергаются абразивному износу. Однако в мокрых схемах пылеулавливания установка вентиляторов целесообразна на напорной стороне во избежание отложений шлама на роторе машин и конденсации паров на внутренней стороне корпуса.

Пылеулавливающие аппараты могут устанавливаться как внутри зданий, так и на открытом воздухе в зависимости от климатических условий района. Вне здания обычно устанавливают циклоны, доменные форсуночные скрубберы и электрофильтры. В этом случае следует принимать меры для защиты наиболее ответственных элементов от атмосферных осадков. Например, верх электрофильтров закрывается шатром, а подбункерное помещение обшивается легкими материалами.

В том случае, если конкурентоспособными могут быть несколько аппаратов различного типа, следует производить технико-экономические расчеты. Для установки должны быть рекомендованы аппараты, имеющие меньшие приведенные затраты.

Перечисленные особенности пылеулавливающих аппаратов дают лишь общий подход к их выбору. Окончательный выбор следует производить с учетом режима работы технологического агрегата, требований к автоматизации, перспектив расширения производства, величины приведенных затрат и т. д.

## **Раздел 2 Общие принципы создания экологически чистой металлургии и концепция устойчивого экологически безопасного развития**

### **Лекция 9 Историческая обусловленность создания экологически чистого производства**

Устойчивое развитие Российской Федерации, высокое качество жизни и здоровья ее населения, а также национальная безопасность могут быть обеспечены только при условии сохранения природных систем и поддержания соответствующего качества окружающей среды. Для этого необходимо формировать и последовательно реализовывать единую государственную политику в области экологии, направленную на охрану окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов. Сохранение и восстановление природных систем должно быть одним из приоритетных направлений деятельности государства и общества.

Россия играет ключевую роль в поддержании глобальных функций биосферы, так как на ее обширных территориях заняты различными природными экосистемами, представлена значительная часть биоразнообразия Земли. Масштабы природно-ресурсного, интеллектуального и экономического потенциала Российской Федерации обуславливают важную роль России в решении глобальных и региональных экологических проблем.

К числу основных факторов деградации природной среды на мировом уровне относятся:

- рост потребления природных ресурсов при сокращении их запасов;
- увеличение численности населения планеты при сокращении территорий, пригодных для проживания людей;
- деградация основных компонентов биосферы, включая сокращение биологического разнообразия, связанное с этим снижение способности природы к саморегуляции и как следствие - невозможность существования человеческой цивилизации;
- возможные изменения климата и истощение озонового слоя Земли;
- возрастание экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф;
- недостаточный для перехода к устойчивому развитию человеческой цивилизации уровень координации действий мирового сообщества в области решения экологических проблем и регулирования процессов глобализации;
- продолжающиеся военные конфликты и террористическая деятельность.

К числу основных факторов деградации природной среды Российской Федерации относятся:

- преобладание ресурсодобывающих и ресурсоемких секторов в структуре экономики, что приводит к быстрому истощению природных ресурсов и деградации природной среды;
- низкая эффективность механизмов природопользования и охраны окружающей среды, включая отсутствие рентных платежей за пользование природными ресурсами;
- резкое ослабление управленческих, и прежде всего контрольных, функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды;
- высокая доля теневой экономики в использовании природных ресурсов;
- низкий технологический и организационный уровень экономики, высокая степень изношенности основных фондов;
- последствия экономических кризисов и невысокий уровень жизни населения;
- низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны.

Эти факторы должны учитываться при проведении в Российской Федерации единой государственной политики в области экологии.

Уникальный природно-ресурсный потенциал России при его эффективном использовании является одной из важнейших предпосылок устойчивого развития страны, как в настоящее время, так и на длительную перспективу.

Специфическими особенностями природно-ресурсного потенциала страны являются его разнообразие, а также масштабность и комплексность входящих в него элементов. Одновременно для природных ресурсов России во многих случаях характерны, с одной стороны, слабая задействованность в хозяйственном использовании, а с другой - сложность и высокий уровень затрат по их освоению.

В частности, Российская Федерация занимает первое или одно из первых мест в мире по запасам многих важнейших полезных ископаемых; количество видов минерального сырья, разведанных на ее территории, практически не имеет аналогов в мире. В долгосрочной перспективе все большее значение должны иметь прогнозные запасы, наличие которых также весьма велико (в первую очередь, газа и нефти в шельфовой зоне). Активное участие в изучении и освоении ресурсов Мирового океана в условиях продуманной политики может еще более упрочить позиции России в мировом природно-ресурсном потенциале, укрепить ее геополитическое влияние в сообществе стран мира.

Земельный фонд государства уникален как по площади, так и по качеству сельскохозяйственных угодий, расположенных в ряде регионов. Первое место остается за Россией по территории, покрытой лесом, и запасам лесных ресурсов. Весьма высок в стране объем среднегодового речного стока (второе место в мире) и запасов пресной воды в озерах (первое место); такое наличие важнейшего природного богатства - водных ресурсов - обеспечивает в перспективе для России в условиях прогнозируемого тотального дефицита воды весьма благоприятные условия развития. Российская Федерация имеет выход к значительному числу морей, богатых промысловыми рыбными запасами и другими водными биоресурсами. Весьма разнообразен по видовому составу и в количественном отношении животный мир страны. Общепланетарное значение имеет комплекс особо охраняемых природных территорий. Огромные потенциальные возможности имеют рекреационные ресурсы государства - как для самой России, так и для населения многих стран мира.

В Российской Федерации сохранились крупнейшие в мире участки территорий с мало нарушенными естественными экосистемами, которые занимают около половины площади страны, т.е. более 8 млн. км<sup>2</sup>. Вместе с прилегающими территориями они образуют северный Евразийский центр стабилизации окружающей среды общей площадью около 13 млн. км<sup>2</sup>, который в принципе обеспечивает экологическую безопасность России и сопредельных стран.

Все вышеуказанное определяет роль и место России в мировом хозяйственном процессе и общепланетарной защите биосферы, налагает серьезные обязательства в сохранении природно-ресурсного потенциала для будущих поколений и одновременно обеспечивает определенные права и уникальные возможности социально-экономического развития.

Однако кризисное состояние экономики, стратегические ошибки в осуществлении реформ, а также предшествующего периода, отсутствие единых подходов в осуществлении государственной политики в сфере природопользования, недостаточный учёт, как особенностей, так и общих проблем, связанных с различными видами естественных ресурсов в части их воспроизводства, использования и охраны, привели к тому, что практика хозяйствования и управления в отраслях природно-ресурсного комплекса оказалась в весьма тяжелых условиях.

Далеко не всегда установлены оптимальные, научно обоснованные соотношения между изъятием и восстановлением воспроизводимых ресурсов, а также объемы и темпы разработки невозобновимых богатств. Отсутствуют комплексные экономические оценки природно-ресурсного потенциала территорий и регионов. Не выработаны эффективные механизмы воздействия на природопользователей за нарушение природно-ресурсного законодательства. В свою очередь, нормативно-правовые отношения формируются нередко по ведомственному принципу, на различной концептуальной основе.

За последние годы в стране дополнительно возник ряд острейших проблем, связанных с природопользованием. К ним относятся, в частности:

1) Падение спроса на первичное природное сырье в связи с резким сокращением объема отечественного промышленного производства. Например, в результате глубочайшего экономического кризиса, охватившего Россию в 1990-е годы, уровень промышленного производства к 2007г. восстановился до уровня, который был у России до распада СССР. В частности, катастрофически сказался на российской экономике разрыв традиционных хозяйственных связей в результате развала СССР. В первую очередь это касается организации взаимопоставок как сырья, получаемого из различных природных ресурсов, и оборудования по его переработке, так и насильственная ликвидация внутрисоюзных рынков сбыта и служение сферы потребления. Резко уменьшился заказ оборонного комплекса, что существенно повлияло на объемы добычи и производства цветных и иных металлов. В результате кризиса 2008-2009гг. российская промышленность оказалась отброшенной на три десятилетия. По прогнозным оценкам ожидалось, что уровень промышленного производства 1990г. (при благоприятных обстоятельствах) будет достигнут к 2010г.

2) Увеличение экспорта сырья. Этот фактор в принципе ведет к слабо предсказуемым колебаниям мировых цен на сырьевые товары, что снижает рентабельность национальных ресурсо-добывающих предприятий. Кроме того, многие отечественные товары из-за проводимой внутри- и внешнеэкономической политики, высоких издержек производства и низкого качества неконкурентоспособны на мировом рынке. Национальная экономика все более попадает под влияние мировой конъюнктуры цен и ценовой политики, проводимой ведущими странами мира и международными корпорациями.

3) Отсутствие собственных финансовых средств для поддержания мощностей горнорудных предприятий и других объектов, потребляющих естественные богатства. Горнорудная промышленность, в частности, относится к числу наиболее капиталоемких отраслей народного хозяйства. Специфика ее заключается в том, что минерально-сырьевые мощности горных предприятий постоянно выбывают по мере отработки запасов полезных ископаемых. Поэтому инвестиционный процесс в отрасли должен быть непрерывным и обеспечивать ввод новых мощностей по добыче полезных ископаемых взамен выбывающих. В России в настоящее время этого не происходит. По многим предприятиям наблюдается значительная потеря мощностей по добыче минерального сырья. Если такая тенденция сохранится, то это может нанести большой урон экономической безопасности страны. Близкие по масштабам и существу проблемы наблюдаются и в других отраслях природно-ресурсного комплекса.

4) Необходимость ликвидации и консервации нерентабельных в современных условиях добывающих (заготавливающих, потребляющих) природные ресурсы предприятий, требующихся больших затрат. Особую остроту в этих условиях приобретает социальный фактор, связанный с созданием новых рабочих мест и переселением (миграцией) населения. Для эффективного управления природно-ресурсным комплексом в создавшихся условиях, прежде всего, необходимо произвести переоценку подходов к эксплуатации и потреблению основных видов природных ресурсов и, в первую очередь, минерально-сырьевых богатств. На основе переоценки следует осуществить классификацию природных ресурсов по эффективности их использования на три группы: рентабельные, условно рентабельные, нерентабельные.

5) Низкий технико-экономический уровень производства, прогрессирующее старение основных производственных фондов. Износ оборудования и машин в целом по промышленности и сельскому хозяйству значительно превышает 50%, а по лесному хозяйству составляет почти 60%. По очень большому кругу предприятий природно-ресурсного блока в промышленности он достиг критической величины, в результате чего этот комплекс оказался на пороге тотальных производственных аварий.

Нерациональность использования природно-ресурсного потенциала в определяющей степени влияет на состояние природной среды. Несмотря на сворачивание хозяйственной деятельности, оно продолжает оставаться неудовлетворительным. Неудовлетворительное состояние окружающей природной среды сохраняется во многих индустриальных центрах и

городах России, где сосредоточены крупнейшие промышленные предприятия и автомобильный транспорт.

Качество воды многих рек или их отдельных участков оценивается как неудовлетворительное практически для всех видов водопользования. Технико-экономический уровень водного хозяйства остается недопустимо низким. Износ сооружений, устройств и трубопроводов питьевого водоснабжения ныне превышает 65%; затраты на их эксплуатацию по сравнению с 1991г. возросли в два раза.

Сырьевую направленность российской экономики, сформировавшуюся по ряду объективных и субъективных причин, подтверждает превышение производства сырьевых товаров по сравнению с промышленно развитыми странами на единицу ВВП. Повышенные изъятие (добыча) и потребление природных ресурсов связаны не только с указанной ориентированностью народного хозяйства, но и, в значительной степени, с нерациональным расходом этих ресурсов. В добывающей и перерабатывающей промышленности допускаются большие потери первичного природного сырья и продуктов его переработки. Месторождения полезных ископаемых, лесные богатства и т.п. в основном используются не комплексно. Выход конечного продукта из сырья, как правило, характеризуется низкими показателями.

В металлургической промышленности материальные и энергетические затраты на производство 1 т готового проката в нашей стране на 30-50 долл. США выше, чем за рубежом. В целом потери в черной металлургии составляют 3,5-4,0 млрд. долл. в год вследствие повышенной ресурсоемкости. Коэффициент использования металла в машиностроении и металлообработке в Российской Федерации составляет 0,72-0,74, в то время как в США - 0,84-0,86. Как видно из этих цифр, значительная часть металла в России переходит в стружку. Кроме того, отечественные машины и оборудование характеризуются высокой металлоемкостью и сравнительно низкой эксплуатационной надежностью, что требует дополнительного расхода природных ресурсов.

Многие элементы природно-ресурсного комплекса России изначально не рассчитывались на самостоятельное функционирование отдельных республик, а наоборот, ориентировались на тесную кооперацию регионов. Так, например, потребность промышленности России в марганце, хrome, титане и ряде других полезных ископаемых полностью обеспечивалась поставками из бывших союзных республик. С развалом СССР в России подготовленных к эксплуатации мощностей по добыче этих полезных ископаемых не оказалось.

Особенно большие проблемы социально-экономического развития и связанные с ними экологические проблемы существуют в странах, получивших тяжелое наследство от бывшего СССР. Прежде всего, это касается Центральных областей России, которые сегодня являются регионами с наиболее трансформированной природной средой во всех ее проявлениях (наземном, воздушном, водном). Здесь так называемый «единый народнохозяйственный комплекс», бывший геополитической доктриной СССР, а не экономической целесообразностью, сыграл разрушительную роль в развитии экономики, придав ей все типологические признаки экономики колониальной.

Сегодня без преувеличения можно говорить о наличии экологического кризиса, из-за которого нарушается традиционная система жизнеобеспечения нации. Именно этот кризис - одна из главнейших причин неуклонной деградации общества. По уровню жизни, продолжительности жизни Россия находится в конце первой сотни.

В этой связи, стратегической целью государственной политики в сфере восполнения (восстановления), использования и охраны природных ресурсов на ближайшее десятилетие становится: достижение оптимальных уровней воспроизводства; неистощительное, рациональное и сбалансированное потребление и охрана всего комплекса природных богатств, направленные на повышение социально-экономического потенциала страны, качества жизни населения, реализацию прав нынешнего и будущих поколений на пользование природно-ресурсным потенциалом и благоприятную окружающую среду обитания; эффективное использование сырья, материалов, энергии на всех стадиях производства и потребления; создание основы для перехода к устойчивому развитию;

усиление ответственности при принятии различных внутри- и внешнеполитических решений, направленных на реализацию геополитических интересов и соблюдение национальной безопасности России.

## Лекция 10 Устойчивое экологически безопасное развитие

Достигнув чрезвычайно высокого уровня познания и развития, общество тем самым создало реальную угрозу своему существованию. Сегодня речь идет об интенсивном качественном и количественном уничтожении природных условий и ресурсов, достаточных и необходимых для существования живого, прежде всего человека. По прогнозу ученых Римского клуба, при сохранении имеющихся тенденций во взаимодействии общества и окружающей среды уже через 35-40 лет может начаться массовое вымирание землян. Это касается всех стран и народов.

Остро эти вопросы впервые поднял генеральный секретарь ООН У. Тан. В его докладе на общем собрании ООН в 1969 году взаимосвязанные явления - демографический взрыв, истощение природных ресурсов и загрязнение окружающей среды - квалифицируются как угроза глобальной экологической катастрофы. Исторический доклад У.Тана - это образец первого системного подхода к проблеме человека и природы, которую с того времени начали рассматривать с позиции настоятельного требования следовать законам природы и учитывать ограничения, накладываемые этими законами.

С тех пор западные общества быстро осознали ситуацию и восприняли экологический императив как принцип развития экономики.

Бесперывное углубление экологического кризиса, а точнее кризиса отношений общества и природы, в конце XX века вызвало необходимость радикальных мер относительно целей и приоритетов развития.

На этом пути особое место принадлежит «Общепланетарному саммиту» - конференции ООН по природной среде и развитию на уровне глав государств и правительств (РИО-92), состоявшейся в Рио-де-Жанейро в июне 1992 года. На этом саммите была предпринята попытка выработки новой модели развития человеческой цивилизации, задекларированы принципы устойчивого экологически безопасного развития и приняты два исторических документа: «Декларацию в деле природной среды и развития» и «Глобальную программу действий - Повестку дня XXI» (Агенда-21).

Конференция констатировала невозможность движения развивающихся стран по пути, которым пришли к своему благополучию развитые страны, поскольку характер производства и потребления в промышленно развитой части мира подрывает системы, поддерживающие жизнь на Земле; господствующая экономическая система рассматривает неограниченный рост как прогресс, не учитывая экологические ценности и ущерб. Эта модель цивилизации признана ведущей к катастрофе и в связи с этим провозглашена необходимость перехода мирового сообщества на новую концепцию - **концепцию устойчивого развития, под которой понимается обеспечение баланса между решением социально-экономических проблем и сохранением окружающей среды, удовлетворение основных жизненных потребностей нынешнего поколения с сохранением таких возможностей для будущих поколений.**

Руководители 179 стран - членов ООН призывали правительства всех стран мира и граждан Земли к внедрению принципов устойчивого экологически безопасного развития в сфере социальной, экономической и экологической политики.

По определению Мировой комиссии ООН по развитию и окружающей среде (Комиссия Брундтланд), **устойчивое развитие (англ. sustainable development) - это развитие, обеспечивающее потребности нынешнего поколения без потерь для будущего поколения обеспечить свои собственные потребности.** Сегодня существует достаточно много толкований этого термина, тем не менее, ни одно из них не стало общепризнанным. Но во всех случаях речь идет о **развитии в пределах хозяйственной (экологической) емкости природной среды, не вносящем необратимых изменений в природу и не создающем угроз**

*для сколь угодно длительного существования человека как биологического вида homo sapiens.*

Таким образом, речь идет о вещах простых и очевидных - благосостоянии человека и благополучии природы. С термином «устойчивое развитие» ассоциируются понятия о развитии - сбалансированном, стабильном, природосоответствующем.

Модель общества устойчивого развития существенно отличается от модели индустриального (экономического) общества, основывающегося на приоритете экономического роста путем широкого использования индустриальных способов производства, в т.ч. и в сельском хозяйстве. В индустриальном обществе происходит концентрация производства и населения, урбанизация, формирование системы ценностей, ориентированных на эффективность, рациональность безотносительно к возможностям природной среды.

Социальный и экономический прогресс в индустриальном обществе идет по линии наращивания объемов производства материальных благ и получения экономической выгоды любой ценой. В таких условиях охрана природы оказывается делом, подчиненным экономическому развитию, что обуславливает принципиальную невозможность надлежащим образом защитить окружающую среду. Вот почему природоохранные мероприятия часто оказываются неэффективными, а природоохранное законодательство - недейственным.

Тем не менее, индустриальное общество развитых стран обеспечило своему населению высокий уровень материального благосостояния и качества услуг, хотя при этом было использовано невероятное количество природных ресурсов и природная среда разрушена так, что реально возник вопрос выживания человека как биологического вида.

При советской модели индустриального общества не было создано материальной основы высокого качества жизни, хотя природных ресурсов при этом использовано не меньше, а даже больше на единицу ВВП, по сравнению с Западом.

По структуре приоритетов постиндустриальное (постэкономическое) общество практически ничем не отличается от индустриального (экономического), но экономический рост здесь достигается на основе новых технологий, происходит переход от товаропроизводительной к обслуживающей экономике. Производство услуг и информации играет доминирующую роль. Формируется новый социально активный класс - интеллектуальная элита и технократы, контролирующие материальное производство и процесс создания высоких технологий через информацию, используемую в производстве конечного продукта. Иначе говоря, знание и информация становятся ведущей продуктивной силой. Отсюда другое название постиндустриального общества - информационное общество.

Если постиндустриальное (информационное) общество в экономическом росте воспринимает ограничение экологического императива - оно приобретает признаки общества устойчивого экономически безопасного развития. Схема такого общества, в отличие от индустриального, основывается на органичном объединении экономической, социальной и экологической сфер, при определяющей роли последней.

Итак, общество устойчивого развития - это качественно новая фаза постиндустриального (постэкономического) общества, это новый социальный порядок, отличающийся от предыдущих форм первоочередным значением и ролью личности в социальной структуре. При переходе к обществу устойчивого развития социально-экономический прогресс должен воплощаться не столько в наращивании объема производства материальных благ, сколько в изменении отношения человека к самому себе и своему месту в окружающем мире.

На сегодня альтернативы устойчивому развитию не существует. Концепция устойчивого развития предопределяет новую поведенческую доминанту человека в природе, что повлечет ее движение действительно к ноосфере как сейчас, так и на отдаленную перспективу.

Конкретизация концепции «устойчивого развития» для решения народохозяйственных проблем выразилась в разработке модели «устойчивого экологически безопасного промышленного развития» - «Ecologically sustainable industrial development» - (ESID).

Принятие ESID означает начало эпохи «экологически чистого производства» или «экологически чистых технологий».

Критерии устойчивого экологически безопасного развития следующие:

1 Поддержание устойчивости биосферы (экологические ограничения). Возможны два варианта – 1) установить и твердо придерживаться норм выбросов в окружающую среду и 2) остановить рост общего количества выбросов в окружающую среду и затем по возможности его снижать;

2 Оптимизация использования ресурсов. Это, прежде всего, снижение энергопотребления, расхода материалов, выхода отходов и повышение степени их переработки;

3 Принцип справедливости. Т.е. справедливое распределение «ноши и результатов» между передовыми и развивающимися странами, между разными регионами, различными социальными группами населения.

Конференция ООН РИО-92 разработала принципы и рекомендации относительно сбалансированного решения социально-экономических задач и сохранения природной среды и природно-ресурсного потенциала в период перехода к устойчивому развитию.

Основной заботой каждого общества провозглашено обеспечение нормального психического развития и сохранения здоровья человека. Это связано с прогрессирующим ухудшением качества природной среды, с одной стороны, и стрессогенным и иммунопонижающим влиянием экологически измененной среды на организм человека, с другой. Факторы, формирующие здоровье современного человека (поле здоровья), распределяются так: образ жизни - 53%, экология - 21%, биология (наследственность) - 16%, система здравоохранения - 10%. В России неблагоприятное экологическое состояние окружающей среды обуславливает рост экологической составляющей здоровья до 60-70%.

Конференция РИО-92 предложила финансовый механизм поддержки нового социально-экономического порядка на этапе его становления путем выделения 0,7% валового национального дохода промышленно развитыми странами в помощь странам - экспортерам сырья. Иное дело, что эти намерения пока не выполняются.

Одна из основных задач перехода к обществу устойчивого развития - оценка экономических связей между хозяйственной деятельностью человека и природной средой, являющаяся одновременно и фактором, и барьером экономического роста. То есть речь идет об определенном динамическом равновесии системы «общество - природная среда». Это обстоятельство модифицирует все предыдущие представления о традиционной модели экономического роста, ставя под сомнение целесообразность безграничного роста любой ценой.

Взамен на первый план выступает потребность пересмотреть само определение сущности роста и поиски его новых измерений. Одно из таких измерений в докладах Римского клуба названо экологическим барьером (барьером роста), определяемым истощением природных ресурсов и деградацией природной среды.

Иная точка зрения состоит в том, что настоящей причиной деградации природной среды является не столько сам рост, сколько его структура, стратегия, а также его способ.

Вопрос образования, расширение информированности населения и профессиональной подготовки связан практически со всеми направлениями деятельности в рамках «Повестки дня на XXI век» и еще теснее связан с вопросами удовлетворения потребностей человека, создания надлежащего потенциала развития, а также с информацией и наукой.

Из международного исторического опыта вытекает, что уровень социально-экономического развития любого общества, государства определяется уровнем образованности, культуры не столько отдельных лиц или даже группы людей, сколько средним уровнем образованности, культуры всего народа, нации в целом. Более образованное, а поэтому и более интеллектуальное общество никогда (во всяком случае, при нынешних условиях) не будет воспринимать как равноправное общество, отстающее по образованности, а значит интеллектуально.

Реальный, а точнее объективный уровень образования, а, следовательно, и образованности общества в России сегодня неизвестен, но четко можно засвидетельствовать:

по европейским измерениям он находится среди самых низких. При законодательно задекларированном полном всеобщем среднем образовании сегодня его получают не более 75-80% детей. Сотни тысяч детей вообще не учатся. Реальные реформы в образовательной области не происходят. Это при том, что в переходный период к устойчивому развитию образование рассматривается как ведущая область формирования интеллектуального потенциала государства, новых мировоззренческих ценностей, без чего, даже при условии внедрения самых эффективных ресурсо- и энергосохраняющих технологий, переход к устойчивому развитию невозможен.

Образование и наука - ведущие сферы формирования человеческого капитала. Деньги на образование и науку - это ресурсы в человеческий капитал на накопление знаний, умений, навыков, духовность человека. Доказано, что инвестиции в человеческий капитал самые продуктивные и не бывают убыточными. Недаром в развитых странах мира человеческий капитал рассматривается как наивысший производственный ресурс и мощный фактор социально-экономического развития. В США уже в 80-е годы общая сумма доходов от физического капитала была в 14 раз меньше, чем от знаний, умений, которые, безусловно, были использованы с применением эффективных управленческих решений.

В России в свое время был создан мощный научно-технический потенциал, но сегодня он интенсивно распыляется, утрачивается, существенным образом ухудшается инновационная деятельность. Кризисные явления в обществе отрицательно сказываются на кадровом потенциале науки. Если в 1980 году в научном обслуживании было задействовано 600 тысяч человек, то уже в 1997-м - лишь 142,5 тысячи. На протяжении последних лет из России продолжают уезжать каждый десятый из защитивших кандидатскую диссертацию, каждый шестой из защитивших докторскую. Мы, таким образом, бесплатно усиливаем интеллектуальный потенциал Запада и развитого Востока и преступно обедняем свое государство. Перед Россией стоит реальная угроза перехода к разряду отсталых стран «африканского типа», где уровень образованности общества не позволяет, не только производить новейшие технологии, но и просто понимать и воспринимать их. А это уже перспектива отсталости практически навсегда.

При таких обстоятельствах, безусловно, первоочередной задачей для России является не только сохранение, а и наращивание научного потенциала. Но без решения проблемы финансирования науки выполнить эти задачи невозможно. Известно, если на науку выделяется менее 2% ВВП, начинаются разрушительные процессы не только в самой науке, но и в экономике и обществе в целом. В Израиле выделяется 3,5% ВВП, США - 2,05%, Японии - 2,75%. В России, к сожалению, этот показатель в последнее время не превышал 1%, хотя в ближайшие годы правительство обещает существенно повысить его. Об абсолютной величине вложений и говорить не приходится. А это определяет и соответствующую отдачу, и соответствующие последствия, и соответствующую перспективу перехода к устойчивому развитию.

В соответствии с рекомендациями конференции РИО, каждая страна должна была разработать собственную концепцию, а до 2002 года и стратегию экоразвития, в связи с чем, в РФ был принят проект «Концепции устойчивого развития России» (далее Программа).

Идеи Концепции устойчивого развития стали важной составляющей национальной политики и безопасности многих стран мира, прежде всего развитых, где уже созданы и действуют государственные структуры, организовывающие и координирующие деятельность в этом направлении.

Для каждой страны принятие Концепции перехода к устойчивому развитию — дело очень важное и ответственное. Здесь не место случайностям, равнодушию, поскольку речь идет о человеческой жизни, стратегии развития общества, государства, а в конечном итоге - мира на длительную перспективу.

Особенности перехода России к устойчивому развитию, прежде всего, связаны с необходимостью решения комплекса собственных экологических, социальных, экономических проблем.

Ни для кого не секрет, что за годы, истекшие со времени конференции РИО, Россия все еще занимает одно из первых мест в мире по уровню потребления энергии, воды, железной

руды и других полезных ископаемых на единицу ВВП, а также по объемам производства промышленных отходов на душу населения. На единицу ВВП в США сегодня расходуется 3 кг природных ресурсов, ставится задача уменьшить этот показатель до 0,3 кг. В России во времена СССР эти затраты достигали около одной тонны. Из-за отсутствия надлежащей информации трудно отобразить это соотношение в современной России. Но, исходя из структуры российского экспорта, где преобладают продукты ресурсо- и энергоемких производств, основанных на устаревших технологиях, можно утверждать, что в этом плане здесь немного изменилось.

По всем экспертным оценкам, природоресурсный потенциал России, в структуре которого преобладают земельные и минеральные ресурсы, оценивается как один из крупнейших в мире. Умно воспользоваться этим потенциалом в интересах благосостояния человека - одна из главнейших наших задач. Тем не менее, современная концепция развития страны нередко базируется на старых принципах, исходя из которых, основные оценочные понятия и критерии составляются практически без учета экологического императива. Природа все еще рассматривается просто как ресурс, как способ развития продуктивных сил, когда принцип максимальной пользы составляет норму поведения министерств, ведомств, бизнес-структур и т.п.

В упомянутой Программе делается упор на использовании земельных ресурсов без существенного (возможно, до 10%) снижения нынешнего катастрофического уровня распаханности угодий. Структуру посевных площадей предусматривается адаптировать (в сторону расширения) к потребностям рынка, не ориентируя общество на необходимость проведения «зеленой революции» и сокращения распаханности земель. Не уделяется надлежащего внимания ограничениям, налагаемым на аграрный сектор требованиями экологии.

Аналогичный подход в проекте Программы продемонстрирован также относительно второй составляющей нашего основного национального богатства - минеральных ресурсов. В структуре ВВП России преобладает добывающая промышленность, тогда как в США (1980) она составляет 2,6%, Германии - 1,1%, Франции - 0,8%, Японии - 0,6%. Добыча минеральных ресурсов ориентируется на потребности мирового рынка, безотносительно к тому, что сохранение имеющегося уровня добычи через 20-30 лет приведет к истощению запасов полезных ископаемых.

Несмотря на все общеизвестные негативные последствия развития в условиях индустриального (экономического) общества, развитые страны создали одно из важнейших *необходимых* условий перехода к устойчивому развитию, а именно - создана материальная база. В связи с этим возникает возможность реализации *достаточных* условий для устойчивого развития, состоящих, прежде всего, в развитии личности, ее самоусовершенствовании, продуцировании новых знаний, информации, способных улучшить не только окружающую среду, но и, что очень важно, каждого отдельного человека и общество в целом.

В указанном контексте, для России ведущей задачей является создание материального благосостояния, которое бы соответствовало ее значительному природно-ресурсному и социально-экономическому потенциалу. Но для этого, прежде всего, необходимо приостановление деградиционных процессов в природе и обществе. Важная сугубо российская задача - проведение действенных мер реабилитации окружающей техногенно измененной среды. Для реализации этих задач необходима четкая, обоснованная, воспринятая российским обществом государственная стратегия действий на нынешнее время и более отдаленную перспективу на принципах устойчивого развития.

## **Лекция 11 Основные компоненты и принципы экологически чистого производства**

«Экологически чистое производство» есть новый способ производства товаров и оказания услуг, целью которого является полное изменение настоящего экологически разрушительного производства и привычек потребления.

Конференция РИО-92 подтвердила определение экологически чистого производства (ЭЧП) и дала следующее его расширенное понятие:

1) применительно к производственным процессам ЭЧП означает сокращение материало- и энергозатрат, исключение из производственных процессов токсичных сырьевых материалов, уменьшение количества и снижение уровня токсичности выбросов и отходов до выхода их из производственного процесса;

2) применительно к продукции - уменьшение негативного воздействия на окружающую среду в течение всего жизненного цикла изделия – от добычи сырья до момента, когда продукция становится отходом;

3) применительно к сфере услуг - соблюдение экологических норм при разработке и предоставлении услуг.

ЭЧП – новый уровень технологий, базирующийся на следующих основных принципах:

1 Подавление выбросов и минимизация количества отходов;

2 ЭЧП обходится дешевле, чем борьба с выбросами. В 1992 г. США потратили на борьбу с выбросами более 100 млрд. долл. (страны ЕЭС – более 30 млрд. долл.), но проблема не решена;

3 ЭЧП может быть обеспечено различными путями: улучшенная административно-хозяйственная организация, замена сырья, изменение технологий;

4 Обязательный элемент ЭЧП – рециклинг (переработка собственных и «чужих» отходов).

Экологически чистое производство не означает производство продукции без пыли и грязи. Это понятие отражает целостную систему принципов решения серьезных экологических проблем, возникающих в результате проектирования и потребления продукции. Экологически чистое производство предлагает способы изменения нашего сегодняшнего расточительного использования материалов и энергии. ЭЧП призывает использовать экологическое проектирование товаров, возобновляемую энергию и материалы. Это подразумевает, что товары и процессы не должны представлять опасности. Очень важно, что этот подход защищает биологическое и культурное разнообразие, и в то же время опирается на предупредительный, профилактический и демократический подходы к производству и потреблению.

Чистое производство связано с концепциями жизненного цикла товара. Оно:

-подвергает сомнению необходимость в самом товаре,

-использует упреждающий подход к выбору материала, системе и созданию товара,

-проектирует товар долговечный и пригодный для повторного использования,

-снижает использование возобновляемой энергии, воды и сырья,

-использует безопасные и нетоксичные подходы в процессе производства,

-повторно перерабатывает экологически безопасные материалы,

-снижает потребление на материалоемком производстве, в то же время, сохраняя качество товара и уровень жизни,

-гарантирует работу в сфере устойчивой экономики,

-защищает биологическое и социальное разнообразие.

ЭЧП означает постоянное использование интегрированной, профилактической, экологической стратегии к процессам и товарам с целью снизить риск для человека и окружающей среды. В случае производственных процессов, экологически чистое производство включает сохранение энергии и сырья, исключение токсичного сырья и снижение объема и токсичности всех выбросов и отходов до того, как они покинут процесс. В случае товаров, стратегия концентрируется на снижении последствий влияния товара на протяжении всего цикла, от добычи сырья до окончательной утилизации товара.

Стратегическая цель экологически чистого производства - сократить загрязнение окружающей среды и образования отходов посредством мер, которые не ведут к ухудшению состояния окружающей среды и экономически выгодны.

Это достижимо через сокращение потребления воды, сырьевых материалов, энергии; с последующим сокращением выбросов и сбросов загрязняющих веществ, образования отходов.

Достижение цели должно сопровождаться улучшением качества продукции и повышением безопасности рабочих мест.

Экологически чистое производство, в конечном счете, означает использование возобновляемой энергии и материалов, минимальное использование ресурсов, проектирование экологичных товаров, производство пищи устойчивыми способами и производство отходов, которые можно будет без проблем вернуть в процесс производства.

ЭЧП начинается с всестороннего взгляда на путь потока товаров в обществе. В особенности этот взгляд фокусируется на товарной цепи: откуда берется сырье, как и где оно обрабатывается, какие отходы образуются в процессе производства, какие товары получаются из этого сырья и что происходит с ними в течение срока их годности и при окончательной утилизации. Кроме этого, подвергается сомнению необходимость в самом товаре. Часто функция, которую выполняет товар, может быть обеспечена более экологически чистым и безопасным способом, требующим к тому же меньшего количества материалов и энергии.

ЭЧП не сводится к «предотвращению загрязнения», которое традиционно предлагает уменьшение токсичных материалов в самом начале процесса изготовления. Подход, основанный на предотвращении загрязнения, сделал производственные процессы менее токсичными и более эффективными, но экологически чистое производство исповедует более целостную систему взглядов на сам процесс производства. Теперь экологически чистое производство пропагандируется на многих международных форумах, таких как OSPAR (Осло-Парижское) Соглашение по Северо-Восточной Атлантике (Convention for the Northeast Atlantic), Декларация Северного моря (North Sea Declaration) и Барселонское соглашение по средиземноморскому региону (Barcelona Convention for the Mediterranean Region).

Согласно различным определениям, разработанным за последние годы, концепцию чистого производства составляют четыре главных элемента:

-Принцип презумпции осторожности: «Когда существует вероятность, что деятельность человека может принести вред как природе, так и самому человеку, необходимо принять предупредительные меры, даже если в некоторых случаях причинно-следственные связи полностью не установлены учеными». Этот принцип требует, чтобы не жертвы или потенциальные жертвы доказывали, что та или иная деятельность может принести вред, а чтобы сторонники той или иной производственной деятельности доказывали, что нет другого, более безопасного способа.

-Программа экологически чистого производства:

- в отношении технологических процессов экологически чистое производство подразумевает экономию сырья и энергии, исключение токсичного сырья, а также снижение количества и токсичности всех выбросов и отходов, прежде чем они выйдут из товарного цикла;

- в отношении товаров уделяется особое внимание снижению отрицательных последствий на протяжении всего цикла товара, от извлечения сырья до конечной утилизации товара;

- экологически чистое производство достигается путем применения приемов «ноу-хау», улучшения технологии и изменения отношения к природе.

-Экологическая эффективность. Критерии экологической эффективности включают в себя: снижение расхода материалов и энергии на производство товаров и услуг (дематериализация); снижение распространения токсикантов; увеличение срока годности товаров и их надежности. Модель экологической эффективности уделяет внимание необходимости сокращения использования токсичных веществ, лучше контролировать их распространение.

-Коэффициенты сокращения: для того, чтобы добиться как экономического, так и экологического прогресса в устойчивом развитии, необходимо резко снизить затраты материалов на единицу услуги или товара. Другими словами, чтобы гарантировать существование будущих поколений, мы должны снизить воздействие экономической активности на окружающую среду. Недавно некоторые европейские страны согласились

провести такие сокращения. Нидерланды надеются достичь сокращения с Коэффициентом 4, уменьшив вдвое использование ресурсов и удвоив благосостояние. Австрия надеется достичь Коэффициента сокращения 10 в следующем десятилетии. Швеция рассчитывает сократить потребление энергии и материалов в 10 раз за следующие 25–50 лет. Германия идет к более скромной цели, - сократить использование невозпроизводимого сырья в 2,5 раза - которая должна быть достигнута к 2020 г.

Основные принципы чистого производства включают в себя:

Локальность – ограничение появления и вредного воздействия загрязняющих веществ местом их образования;

Превентивность – предотвращение образования загрязняющих веществ и их отрицательного воздействия на стадиях, предшествующих их возможному появления;

Системность – реализация экономически обоснованных способов предотвращения, сокращения, нейтрализации загрязняющих веществ на всех стадиях производственного процесса от сырья до готовой продукции;

Эколого-экономическую оценку принимаемых решений – комплексный подход к выбору оптимального варианта предотвращения загрязнения, предполагающего совокупную оценку как экологического, так и экономического эффектов;

Финансовую достижимость – наличие необходимых финансовых средств для реализации принимаемых решений;

Прибыльность – выгодность предотвращения загрязнения (образования отходов).

Непрерывность – последовательность реализации проектов, программ и планов в их постоянном развитии.

К числу важнейших, как показывает мировой опыт, среди перечисленных принципов, делающих исключительно привлекательным создание экологически чистых производств в рамках конкретных предприятий, относится принцип прибыльности (выгодности), кратко формулируемый, как: «предотвращение загрязнения – выгодно». Любому предприятию предотвращение загрязнения окружающей природной среды или сокращение загрязнения должно быть выгоднее, чем расходование средств на очистку или выплату компенсаций. Поэтому преобразование промышленных производств в экологически чистые, разработка новых технологий должны быть нацелены на то, чтобы добиться работы предприятий с минимальным расходом ресурсов и минимальным вредным воздействием на окружающую среду. Чем быстрее этот принцип будет реализован на предприятиях России, тем успешнее технологии и процессы в промышленности, в сельском хозяйстве и в сфере услуг будут приближаться к экологически чистым.

В настоящее время многие инженерные дисциплины стараются замкнуться в рамках своего производства и видят свою задачу только в разработке замкнутых, безотходных и других «экологически чистых» технологий, позволяющих уменьшить свое вредное воздействие на природную среду. Но задачу о рациональном взаимодействии производства с природой подобным путем полностью не решить, так как в этом случае один из компонентов системы - природа - исключается из рассмотрения. Изучение процесса общественного производства с окружающей средой требует применения, как инженерных методов, так и экологических, что привело к развитию нового научного направления на стыке технических, естественных и социальных наук, называемого инженерной экологией.

Природоохранное законодательство устанавливает юридические (правовые) нормы и правила, а также вводит ответственность за их нарушение в области охраны природной и окружающей человека среды; включает в себя правовую охрану природных (естественных) ресурсов, природных охраняемых территорий, природной окружающей среды городов (населенных мест), пригородных зон, зеленых зон, курортов, а также природоохранные международно-правовые аспекты.

Природоохранная политика в народном хозяйстве проводится, главным образом, через законы, общие нормативные документы (ОНД), строительные нормы и правила (СНиП) и др. документы, в которых инженерно-технические решения увязаны с экологическим нормативом. Экологический норматив предусматривает обязательные условия сохранения структуры и функций экосистемы, а также всех экологических компонентов, которые

жизненно необходимы при хозяйственной деятельности человека. Экологический норматив определяет степень максимально допустимого вмешательства человека в экосистемы, при которой сохраняются экосистемы желательной структуры и динамических качеств. Иными словами, недопустимыми в хозяйственной деятельности человека являются такие воздействия на природную среду, которые приводят к опустыниванию. Глобальный экологический норматив определяет сохранение биосферы планеты, и в том числе климата Земли, в виде, пригодном для жизни человека, благоприятном для его хозяйствования.

В некоторых регионах России намечаются направления технической политики, нацеленные на более полное и комплексное использование природных ресурсов, сырья, материалов и топлива, расширение использования и комплексной переработки низкокачественных ресурсов и производственных отходов, внедрение безотходной технологии, предотвращение загрязнения окружающей среды. Разработана Комплексная программа, включающая в себя ряд подпрограмм, таких, как «Недра», «Биосфера», «Химия твердого тела» и «Физика твердого тела». В рамках каждой подпрограммы уделяется внимание повышению эффективности производства, переработке всевозможных видов отходов. В настоящее время рост энергоемкости и материалоемкости современного производства значительно опережает рост численности населения. Потребление энергии растет в 3 раза, добыча минеральных ресурсов - в 2 раза быстрее, чем население. Горнодобывающая промышленность выдает в год более 40 т продукции в расчете на одного жителя Земли.

Предприятия черной металлургии пускают в отходы породу, содержащую свинец, кобальт, медь. При добыче угля ежегодно на поверхность поднимают около 1 млрд. м<sup>2</sup> пустой породы. Строят из нее бесполезные пирамиды - терриконы. При этом впустую растрачиваются тысячи гектаров плодородных земель. Загрязняется атмосфера, терриконы горят, ветер поднимает с их бесплодных склонов тучи пыли.

В то же время переработка техногенных отходов – единственная на длительную перспективу возможность решить проблему источников сырья. В связи с этим надо по-другому планировать техническую политику. Прежде всего, это означает, что отраслевой подход к выбору направлений может привести к неблагоприятным, а иногда и к катастрофическим результатам. Учитывая, что лишь 2% потребляемых природных ресурсов превращается в конечную продукцию, а остальное переходит в отходы, переработка отходов становится первоочередной задачей, основой решения проблемы ресурсосбережения. Используя отходы, снижая потребление природных ресурсов, ограничивая выбросы и снимая вредное влияние хранилищ отходов на окружающую среду. Можно решить большой круг экологических проблем.

В мировой практике в настоящее время складываются фундаментальные представления о наиболее эффективных направлениях ресурсо-экологической политики, основой которой в части сбережения материалов является обращение с техногенными и бытовыми отходами. Этот процесс охватывает весь объем операций, связанных с мониторингом, хранением, переработкой отходов и законодательным оформлением всех действий.

При самых совершенных технологиях предотвратить образование отходов невозможно. Утилизацию основной массы отходов можно провести по следующим направлениям:

1) уничтожение отходов с переводом их в безопасные продукты. При этом возможно и желательно получение и использование вторичной энергии. Этот вариант предпочтителен для большинства твердых бытовых отходов, осадков сточных вод, отходов сельскохозяйственного производства, микробиологии, сферы образования, здравоохранения, науки, сервиса;

2) консервация отходов в безопасном состоянии для их использования в ближайшем или отдаленном будущем;

3) текущее использование отходов в производственном цикле («внутренний» или «производственный» рециклинг);

4) использование отходов на предприятиях других отраслей промышленности (первый вариант «глобального» рециклинга);

5) использование отходов из хранилищ в собственной или других отраслях (второй вариант «глобального» рециклинга) (рисунок 16).



Рисунок 16 - Схемы производственного и глобального рециклинга

Эффект от перечисленных мероприятий – высвобождение территорий, ликвидация вредного влияния на окружающую среду, снижение потребления материальных ресурсов.

Металлургия – одна из отраслей, наиболее полно использующих «производственный рециклинг». Это и использование «возврата» в агломерационном производстве, и использование продуктов пылеочистки доменных, сталеплавильных и электросталеплавильных печей, физического и химического тепла отходящих газов и др.

Сегодня производственный рециклинг можно трактовать как оперативное использование вторичных ресурсов предприятия в одном из его подразделений. Этому способствует соответствие качества вторичного сырья качеству исходных материалов, что снимает ряд сложных проблем глобального рециклинга. Однако практика показала, что более 70% всех образующихся техногенных отходов не могут быть переработаны предприятиями–«изготовителями отходов». Это целиком относится к «отложенным» отходам. Таких отходов только на территории России накоплено более 90 млрд. т. Перерабатывать подобные материалы предстоит другим отраслям. Таким образом, назрела концепция *глобального рециклинга материалов*.

Получение минералов из отходов чрезвычайно выгодно. Например, щебень, получаемый из отходов, в 2-2,5 раза дешевле того же щебня, добываемого специализированно. Известно, что многими вскрышными породами можно заменить нерудные строительные материалы в дорожном строительстве, выгодно использовать их при производстве цемента, стекла, керамики, полезно направлять в сельское хозяйство, в частности, для известкования почв.

Промышленность строительных материалов является практически единственной в достаточно широких масштабах использующей отходы всевозможных производств. Всего строительная индустрия спасает от списания в отходы около половины образующихся доменных шлаков. Близ металлургических комбинатов построено более 20 цементных заводов, вырабатывающих на базе металлургических шлаков отличный шлакопортландцемент. Металлургические шлаки - отличное сырье для производства целого ряда материалов: цемента, щебня для строительства дорог, шлаковой пемзы, минеральной ваты и знаменитого своими свойствами шлакоситалла, идущего на изготовление особо прочных и химически стойких труб, панелей, электроизоляторов и электровакуумных приборов.

Развитие современного производства, и, прежде всего, промышленности, базируется в значительной степени на использовании ископаемого сырья. Среди отдельных видов ископаемых ресурсов на одно из первых мест по народнохозяйственному значению следует поставить источники топлива и электроэнергии.

По мере технического прогресса все больший удельный вес приобретают первичные источники электроэнергии, получаемые с гидро- и геотермальных электростанций. Растет и получение электроэнергии с атомных электростанций. Потенциальные мощности всех этих источников велики, но пока экономически эффективной является только небольшая их часть.

Одной из характерных черт современного этапа научно-технического прогресса является возрастающий спрос на все виды энергии. Важным топливно-энергетическим ресурсом является природный газ. Затраты на его добычу и транспортировку ниже, чем для твердых видов топлива. Являясь прекрасным топливом (калорийность его на 10% выше мазута, в 1,5 раза выше угля и в 2,5 раза выше искусственного газа), он отличается также высокой отдачей тепла в разных установках. Газ используется в печах, требующих точного регулирования температуры; он мало дает отходов и дыма, загрязняющих воздух. Широкое применение природного газа в металлургии, при производстве цемента и в других отраслях промышленности позволило поднять на более высокий технический уровень работу промышленных предприятий и увеличить объем продукции, получаемой с единицы площади технологических установок.

За последние три десятилетия существенно изменилась структура потребления угля в связи с вытеснением его нефтепродуктами и газом. Сократилось потребление угля в железнодорожном, морском и речном транспорте, а также в бытовом секторе. Более 56% потребления угля приходится на тепловые электростанции. Крупные потребители угля - коксохимические предприятия. Доля их в общем потреблении за последние годы почти не изменилась, хотя производство чугуна заметно увеличилось. Это обусловлено внедрением новых способов выплавки чугуна и стали, строительством крупных доменных печей, вызвавших снижение удельного потребления кокса. На снижение удельного расхода кокса влияет не только использование топливных реагентов (природного газа), но и обогащение доменного дутья кислородом, улучшение качества исходного сырья путем повышения содержания железа в руде и т.п. Одним из главных путей расширения использования угля является использование его как сырья для производства синтетического жидкого и газообразного топлива для химической промышленности.

Экономия топливно-энергетических ресурсов в настоящее время становится одним из важнейших направлений перевода экономики на путь интенсивного развития и рационального природопользования. Значительные возможности экономии минеральных топливно-энергетических ресурсов имеются при использовании энергетических ресурсов. Так, на стадии обогащения и преобразования энергоресурсов теряется до 3% энергии. В настоящее время 4/5 всего количества электроэнергии в стране производится тепловыми электростанциями, которые работают главным образом на угле. На ТЭС при выработке электроэнергии полезно используется лишь 30-40% тепловой энергии, остальная часть рассеивается в окружающей среде с дымовыми газами, подогретой водой.

Немаловажное значение в экономии минеральных топливно-энергетических ресурсов играет снижение удельного расхода топлива на производство электроэнергии.

Таким образом, основными направлениями экономии энергоресурсов являются: совершенствование технологических процессов, совершенствование оборудования,

снижение прямых потерь топливно-энергетических ресурсов, структурные изменения в технологии производства, структурные изменения в производимой продукции, улучшение качества топлива и энергии, организационно-технические мероприятия. Проведение этих мероприятий вызывается не только необходимостью экономии энергетических ресурсов, но и важностью учета вопросов охраны окружающей среды при решении энергетических проблем.

Большое значение имеет замена ископаемого топлива другими источниками (солнечной энергией, энергией волн, прилива, земли, ветров). Эти источники энергетических ресурсов являются экологически чистыми. Заменяя ими ископаемое топливо, мы снижаем вредное воздействие на природу и экономим органические энергоресурсы.

Из анализа ретроспективы развития природоохранной деятельности и ресурсосберегающей технологии производства продукции потребления следует, что многомиллиардные затраты на эти цели не принесли желаемых результатов.

Последним по времени вкладом в борьбу с нарастающей глобальной экологической катастрофой явился так называемый Киотский протокол. Это документ, имеющий цель уменьшение загрязнения окружающей среды, был подписан в 1997 году на состоявшемся в Киото под эгидой ООН международном саммите. Участники саммита взяли на себя обязательство сократить в среднем на 5,2 процента выбросы углекислого и других вредных газов в атмосферу Земли к 2012 году, исходя из объемов 1990 года. Протокол вступил в силу 16 февраля 2005 года.

Минэкономразвития РФ внесло на рассмотрение правительства России план действий по реализации Россией Киотского протокола. План предусматривает в первую очередь сокращение выбросов парниковых газов в реальном секторе. Так, к 2010г. на 8 процентов должна была повыситься эффективность использования топлива в электроэнергетике. В газовом секторе планировалось к 2010г. сократить потери газа на 47 миллиардов кубометров.

Муниципальные сети теплоснабжения должны были удвоить темпы замены ветхих коммуникаций. Кроме того, предполагалось увеличить темпы воспроизводства леса - естественного поглотителя парниковых газов - в пределах от 15 процентов до 25 процентов к уровню 2004г.

Россия ратифицировала Протокол в сентябре 2004 года. С этого момента она оказалась в числе стран, входящих в так называемый «список номер 1» протокола. Туда же вошли государства, взявшие на себя обязательства в период с 2008 по 2012 годы не допускать выбросов парниковых газов в атмосферу выше уровня, зафиксированного в 1990г. Не вошли в этот список такие индустриальные страны, как Китай, Индия, а также Соединенные Штаты Америки, отказавшиеся ратифицировать этот документ. В декабре 2011г. из списка вышла Канада.

Благодаря произошедшему серьезному сокращению эмиссии углеводородных газов в период экономического спада 90-х годов прошлого века Россия вполне вписывается в параметры «списка номер 1»

Однако этого недостаточно; для выполнения обязательств российскому правительству предстоит реализовать программы повышения энергоэффективности отечественной экономики, создать систему мониторинга выбросов, увеличить количество действующих альтернативных источников энергии, не использующих углеводородное сырье (т.е. нефть и газ), а также запустить систему распределения так называемых «квот на выброс» между промышленными предприятиями и открыть для них доступ на мировой рынок.

## Раздел 3 Процедура создания экологически чистого производства

### Лекция 12 Экобалансы – критерий перспективности промышленных технологий

#### 12.1 Понятие экобаланса

#### 12.2 Пример расчета экобаланса

#### 12.1 Понятие экобаланса

Цель экологически чистого производства состоит в том, чтобы, во-первых, избежать образования отходов, а во-вторых, сократить использование сырья и энергии.

Термины «экологически чистое производство (ЭЧП)» и «ресурсосберегающая технология (РСТ)» широко вошли в технический, информационный, а затем и в бытовой лексикон в 1970 – 1980 годах. Наконец в начале 1990-ых годов была сформулирована концепция «устойчивого, экологически безопасного промышленного развития – Ecologically sustainable industrial development (ESID)». Программа ESID была разработана ЮНИДО – специализированной организацией ООН по промышленному развитию – в 1992г. и утверждена резолюцией Генеральной Ассамблеи ООН.

Напомним, ESID – *это промышленное развитие с целью удовлетворения потребностей человека и будущих поколений без нарушения основных природных процессов (устойчивости биосферы)*. Ключевые положения в этом определении:

- Удовлетворение потребностей человека и будущих поколений – цель;
- Промышленное развитие – средство достижения цели;
- Сохранение устойчивости экосистем – ограничение.

Применительно к производственным процессам ЭЧП означает сокращение материало- и энергозатрат, исключение из производственного процесса токсичных сырьевых материалов и уменьшение количества и уровня токсичности всех выбросов и отходов до их выхода из производственного процесса.

Применительно к продукции ЭЧП означает уменьшение негативного воздействия в течение всего жизненного цикла изделия (ЖЦИ), начиная от добычи сырья для его производства и заканчивая удалением, когда продукция становится отходом.

Понятие ЖЦИ («Life Cycle Smalysis») или принцип «от колыбели до могилы» был впервые предложен в США в 1960 году. Итоги расчета ЖЦИ представляются в виде *экобаланса*. Стадии жизненного цикла изделия:

#### 1 Получение сырья:

-добыча сырья (включая расход энергии на добычу сырья и выбросы при получении этой энергии);

-добыча источника энергии;

-переработка источника энергии в энергию;

-транспортировка сырья и энергии.

#### 2 Производство продукции:

-подготовка сырья;

-изготовление продукции;

-переработка отходов упаковки;

-производственный рециклинг (переработка собственных отходов);

-упаковка и приведение в товарный вид;

-транспортировка продукции;

-производство попутной продукции.

#### 3 Использование продукции и утилизация связанных с ее эксплуатацией отходов.

4 Переработка потерявшего потребительские свойства изделия (отложенного отхода) («глобальный рециклинг»).

При составлении экобалансов для всех стадий ЖЦИ рассчитывают расходы энергии, материалов, транспортные издержки, выбросы в окружающую среду (воздух, вода, «техногенные месторождения» твердых отходов).

При оценке ЖЦИ обращает на себя внимание тот факт, что в четырехстадийной схеме цикла только одна стадия – «производство» - относится к отраслевой проблеме. Все остальные являются межотраслевыми задачами. Таким образом, мероприятие, полезное для отрасли, необязательно будет выгодным для народного хозяйства в целом, чаще случается как раз наоборот.

В последние годы выработаны некоторые методы оценок производств. В странах Запада уже в настоящее время технология, не прошедшая экспертизы на соответствие критериям «экологически чистого производства», не имеет перспектив в будущем. При лицензировании эксперты сравнивают предлагаемую для использования в производстве технологию с ВАТ («Best available technology») – лучшей из доступных технологий, а также с ВРТ («Best possible technology») – лучшей из возможных технологий. ВАТ в отличие от ВРТ осуществлена на практике, и именно ее показатели сравнивают с характеристиками предлагаемой технологии.

Действующие и проектируемые производства при экспертизе на соответствие критериям «экологически чистого производства» оцениваются:

- по величине энергозатрат,
  - по сбережению материалов и использованию различных вариантов рециклинга,
- По величине выбросов в окружающую среду.

Наряду с этим принимаются во внимание уровень сертификации продукции и систем управления качеством, квалификация персонала и др.

***До настоящего времени в нашей стране не существует директивного документа, определяющего «правила игры» в этом крайне важном для определения перспектив развития экономики процессе.*** В результате определение «ресурсосберегающая экологически чистая технология» неквалифицированно используют без всяких расчетов, не имея на это никаких обоснований.

Совершенно очевидно, что ранее известных технико-экономических показателей, использовавшихся для характеристики эффективности производства, для оценки параметров ЖЦИ недостаточно. Современный подход должен учитывать эффективность использования всех видов ресурсов, применяемых в каждом конкретном случае. Излагаемый ниже подход является первым опытом составления экобалансов, и отработан в Московском Государственном институте стали и сплавов в 1990-2000гг. Под *экобалансом* понимается *совокупность показателей, оценивающих эффективность производственного процесса (технологии) с точки зрения:*

1 расходования всех видов ресурсов, главным образом, материальных и энергетических;

2 учета последствий процесса для окружающей природной среды и общества: количество выбросов всех видов во все природные среды, глобальный рециклинг всех видов продукции процесса.

Особенно важно отметить, что в расчетах в обязательном порядке учитываются показатели добычи всех необходимых для реализации данной технологии ресурсов. Поэтому, например, учитывается не количество затраченной на реализацию тех или иных производственных процессов электроэнергии, а количество энергоносителей, которое необходимо извлечь из недр Земли для производства и транспортировки этой энергии потребителю (учитывая также затраты энергии и материалов на подготовку энергоносителей к их использованию).

## 12.2 Пример расчета экобаланса

Для лучшего понимания сущности методики составления экобалансов ниже приведены примеры расчета.

Для проведения расчетов в условиях любых промышленных технологий использование только фиксируемых в производстве показателей совершенно недостаточно. Составление экобалансов требует получения следующей объективной информации:

- полный химический состав (желательно – содержание всех химических элементов в соответствии с таблицей Менделеева) всех веществ, поступающих на территорию предприятия;
- материальный баланс веществ, производственных процессов (исходные вещества, конечная основная и попутная продукция, выбросы в окружающую среду);
- полный химический состав основной и попутной продукции, отходов и выбросов в окружающую среду.

Знание полного химического состава веществ на входе и выходе из технологической цепочки процессов и производств, обеспечивающих получение конечной продукции, необходимо для оценки уровня комплексного использования сырья. Учет потерь компонентов сырья является обязательным условием при аттестации производств, претендующих на роль «экологически чистых».

На основании баланса веществ строится карта-схема движения веществ в структуре производства (межцеховые вещественные потоки). При анализе движения веществ выделяют основные (главные) химические элементы и рассчитывается движение этих элементов по территории предприятия (элементо-потоки).

При расчетах постоянно проверяются результаты их промежуточных стадий на соответствие технологическим показателям работы цехов предприятия. На основе термодинамического моделирования прогнозируется состав и количество выбросов в атмосферу и водоемы.

В качестве примера приводятся расчеты нескольких альтернативных схем производства прокатной продукции для условий Европейской части России.

Сталь представляет собой основной конструкционный материал нашего времени, при ее производстве задействована длинная технологическая межотраслевая цепочка производств со значительным расходом природных ресурсов, поэтому выводы, сделанные при анализе экобалансов ее производства, имеют значимость для народного хозяйства в целом и являются особенно показательными.

В таблице 15 приводится схема расчета экологического баланса.

Таблица 15 - Принципиальная схема расчета экологического баланса металлургического производства

Стадия расчета	Основной расчет	Дополнительные и вспомогательные расчеты
1	2	3
1	Определение количества отходов производства, образующихся при производстве проката	1.1 Расчет количества слябов МНЛЗ
2	Расчет количества жидкой стали и необходимых для ее производства первичного металла и лома «со стороны»	2.1 Определение состава жидкой стали до ввода ферросплавов; 2.2 Расчет необходимого количества ферросплавов; 2.3 Определение необходимого количества извести; 2.4 Определение состава сталеплавильного шлака; 2.5 Расчет состава и количества отходящих газов
3	Определение параметров производства первичного металла (чугун, металлized сырье)	3.1 Расчет химического состава железорудного концентрата; 3.2 Расчет химического состава окускованного сырья

Продолжение таблицы 15		
1	2	3
4	Определение параметров окускования железорудного сырья	4.1 Расчет количества угольного и железорудного концентратов, необходимых для производства кокса и окускованного сырья; 4.2 Определение количества попутной продукции, производимой на КХП, количества и состава образующегося коксового газа; 4.3 Расчет количества флюса, необходимого для получения доменного и сталеплавильного шлака. Определение количества и состава образующихся отходящих газов
5	Расчет потерь металлургических материалов и выбросов, имеющих место при их транспортировке	-
6	Определение параметров добычи железной руды, металлургических углей и флюса	6.1 Расчет количества образующихся в результате обогащения хвостов; 6.2 Расчет количества образующейся вскрышной породы; 6.3 Определение количества и состава образующихся на ГОК отходящих газов
7	Расчет количества электроэнергии	7.1 Определение потребности в энергетических углях

В качестве базового был принят вариант производства проката по «классической» технологической схеме, включающей стадии последовательного получения железорудного концентрата, кокса, агломерата, чугуна и конвертерной стали, т.е. схема «кокс – агломерат – чугун – конвертерная сталь» («Кокс – А – Ч – К»).

При составлении эcobаланса учитываются: баланс железа, баланс углерода и серы, баланс электроэнергии, выбросы пыли по всей технологической цепочке (при рассмотрении данного расчета они опускаются).

Проведем анализ эcobалансов производства жидкой стали с применением кислородно-конвертерного, мартеновского и электросталеплавильного процессов с использованием в сталеплавильной шихте чугуна или металлизированных окатышей (таблица 16). Для всех рассматриваемых вариантов, как уже отмечалось ранее, принимаются одинаковые параметры сталеплавильной шихты: 70% чугуна или металлизированных окатышей и 30% металлургического лома.

Таблица 16 - Варианты технологических схем с различными процессами производства жидкой стали

Условное обозначение анализируемого варианта	Краткая характеристика
кокс – А – Ч – К (кокс - агломерат – чугун – конвертер)	Железорудный концентрат окусковывается в процессе агломерации, в ходе которого утилизируются все возможные отходы производства
кокс - А – Ч – М (кокс - агломерат – чугун – мартеновская печь)	В качестве исходных данных для мартеновского производства приняты параметры работы агрегатов ОАО «Северсталь» и ОАО ММК
кокс - А – Ч – ЭС (кокс - агломерат – чугун – электросталеплавильное производство)	В качестве исходных данных для электросталеплавильного производства приняты параметры работы агрегатов ОАО «Северсталь»
М.О. – К (металлизированные окатыши – конвертер) М.О. – ЭС (металлизированные окатыши – электросталеплавильное производство)	В качестве исходных параметров приняты данные работы ОАО ОЭМК, как по процессу производства окатышей Midrex, так и по работе электросталеплавильного цеха

Для всех рассматриваемых технологических схем проводятся расчеты по основным показателям и заносятся в сравнительные таблицы (*подробнее рассматривается на практическом занятии*). Основные показатели экобалансов представлены в таблице 17.

Таблица 17 - Основные показатели экобалансов для различных схем производства проката

Показатель	Варианты				
	1	2	3	4	5
<i>Расход материалов, кг/т Fe проката:</i>					
Руда	3283,4	3206,2	3246,3	3314,5	3277,8
Флюс	264,3	209,3	214,9	158,1	108,7
Уголь	944,6	918,0	1134,1	366,4	663,7
Всего	4492,3	4333,5	4595,2	3839,1	4050,2
Вскрышная порода	7643,6	7435,0	7734,0	7074,6	7273,6
Всего	12135,9	11768,5	12329,2	10913,7	11323,8
<i>Производство попутной продукции, кг/т Fe проката:</i>					
Продукция КХП	23,9	23,1	23,7	0,0	0,0
Доменный шлак	159,7	153,7	157,9	0,0	0,0
Сталеплавильный шлак	102,5	161,6	81,2	103,7	81,2
Всего попутной продукции	286,1	338,3	262,8	103,7	81,2
<i>Материалосбережение:</i>					
Коэффициент природоемкости, т/т (удельный расход сырых материалов)	4,36	4,20	4,46	3,73	3,93
Коэффициент сокращения сплошной природной среды, т/т	9,22	8,60	9,53	9,62	10,18
Удельный расход сырых материалов для производства основной и попутной продукции, т/т	3,41	3,17	3,55	3,38	3,64
Сквозной коэффициент извлечения железа, %	74,6	75,4	74,9	73,2	73,6
Коэффициент потенциального техногенного накопления элемента (Fe <sub>ХВ</sub> +Fe <sub>ЗШН</sub> )	5,35	4,84	4,79	6,74	6,79
<i>Энергосбережение:</i>					
Общий расход энергоносителей, кг у.т./т проката	869,0	946,6	1033,1	795,1	1048,0
Общие затраты энергии на производство проката, ГДж/т проката	25,4	27,7	30,2	23,3	30,7
Расход электроэнергии, кВт·час/т Fe проката	804,6	792,9	1215,3	768,9	1392,5
в т.ч. за счет сжигания энергетического угля, кВт·ч	377,7	382,0	793,1	768,9	1392,5
%	46,9	48,2	65,3	100,0	100,0
Расход углерода, кг/т проката	708,7	736,5	818,2	566,3	757,7
<i>Выбросы в окружающую среду:</i>					
Суммарное количество выбросов в ОС, кг/т проката, в т.ч.:	321,7	296,6	360,3	187,4	245,0
Пыль	124,3	127,0	154,7	123,3	166,6
СО	126,1	130,6	131,4	51,8	62,8
SO <sub>2</sub>	71,3	73,5	74,2	12,2	15,5
Коэффициент депонирования мелкодисперсных отходов, кг/т проката	76,06	61,57	116,85	140,81	202,06
Вскрышная порода+хвосты+ЗШН*, т/т проката	9,91	9,63	10,01	9,35	9,59
Показатель эмиссии CO <sub>2</sub> , кг/т проката	587,0	603,7	705,0	317,1	492,9
Примечание - Золошлаконакопители					

В результате анализа полученных результатов можно сделать выводы:

- по параметрам материалосбережения безусловно лучшим является вариант «Кокс – А – Ч – М»;
- по удельному расходу металлургических материалов на единицу готовой продукции лучшим оказывается вариант «М.О – К»;
- по всем показателям энергосбережения лидером является схема «М.О – К», далее следуют варианты «Кокс – А – Ч – К» и «Кокс – А – Ч – М». Отставание схем с электросталеплавильными технологиями обусловлено высокими потерями энергии (и, соответственно, высоким расходом энергоносителей) в ходе ее преобразования из одного вида в другой: тепло – электричество – тепло (еще необходимо учесть, что в реальных российских условиях имеют место большие потери при передаче электроэнергии).

- минимальные выбросы дают технологические схемы «М.О. – К» и «А – Ч – М».

Таким образом, суммируя приведенные выше результаты, следует признать наилучшими параметры экобаланса технологической схемы «М.О. – К». К сожалению, ее реализация возможна лишь в случае сочетания благоприятных сырьевых условий: наличия богатых по содержанию железа и чистых по примесям или легкообогащаемых руд и относительно дешевого природного газа. Перспективы этой схемы связаны с разработкой технологий замены природного газа другими восстановительными агентами и эффективных способов утилизации железосодержащих отходов процесса (для увеличения сквозного коэффициента извлечения железа). Очевидно, что эта схема непригодна для регионов, где основу железорудных запасов составляют труднообогащаемые руды.

Общие выводы:

1 Анализ эффективности производственных технологий с помощью экобалансов показывает, что технологические схемы, обладающие лучшими ресурсо-экологическими показателями, далеко не всегда являются лучшими вариантами с точки зрения экономической эффективности производства (например, мартеновское производство в сравнении с кислородно-конвертерным или электросталеплавильным).

2 Общий расход энергии для производства 1 т железа проката с учетом затрат на добычу, подготовку к металлургическому переделу и транспортировку всех видов твердых шихтовых материалов, кроме ферросплавов (но без учета затрат на добычу, подготовку и транспортировку природного газа и нефтепродуктов) составляет в условиях Европейской части России 23-30 ГДж. На передовых предприятиях металлургической отрасли в других странах мира расход энергии достигает 18-20 ГДж/т железа проката.

3 Особую ценность приобретают производства, позволяющие осуществлять рециклинг заводских отходов (например, аглопроизводство на металлургическом предприятии).

4 Учет экобалансов промышленных производств в рамках реализации концепции устойчивого развития цивилизации требует принципиально новых форм управления экономическими процессами. Проведенный анализ показывает, что стоимостное выражение ценности различных ресурсов не всегда соответствует их значимости с точки зрения ресурсо-экологических перспектив развития цивилизации.

5 Оценку перспективности технологий нельзя проводить без анализа экобалансов производств.

## **Лекция 13 Экологическая паспортизация объектов и технологий**

13.1 Цели и задачи экологической паспортизации

13.2 Порядок экологической паспортизации объектов

13.3 Методологические особенности экологической паспортизации промышленных объектов и технологий

### 13.1 Цели и задачи экологической паспортизации

Основой формирования комплексной экологической программы и перехода природоохранной политики на новый уровень должно стать введение экологических паспортов предприятий.

Экологический паспорт (ЭП) объекта или предприятия — это нормативно-технический документ нового типа, включающий все данные о потребляемых и используемых ресурсах всех видов (природных — первичных, переработанных — вторичных и др.), а также определяющий все прямые влияния и воздействия на окружающую природную среду. ЭП представляет систему данных, выраженных через систему стандартизованных показателей, отражающих уровень использования природных и других ресурсов и степень воздействия на основные компоненты природной среды — атмосферу, гидросферу, литосферу.

*Экологический паспорт* включает общие сведения о предприятии, используемом сырье, описание технических схем выработки основных видов продукции, схемы очистки сточных вод и аэровыбросов, их характеристики после очистки, данные о твердых и других отходах, а также сведения о наличии в стране и в мире технологий, обеспечивающих достижение наилучших удельных показателей по охране природы. Вторая часть паспорта содержит перечень планируемых мероприятий, направленных на снижение нагрузки на окружающую среду (с указанием сроков их выполнения, объемов затрат, удельных и общих объемов выбросов вредных веществ до и после осуществления каждого мероприятия).

Состав природоохранного паспорта должен отражать:

- переход от изучения следствий (состояния окружающей среды) к детальному дифференцированному изучению причин (ситуации по каждому объекту и группам родственных объектов);
- переход от рассмотрения общего объема выбросов к удельным показателям, относимым к единице производственной продукции и сопоставляемым с наилучшими мировыми показателями.

В России по многим вредным выбросам нормы предельно допустимых концентраций (ПДК) более жесткие, чем в других странах. Но, к сожалению, добиться выполнения этих норм можно не только с помощью совершенствования технологии производства и очистки выбросов, но и более простым путем, например, разбавляя стоки чистой водой до нужных значений концентрации загрязняющих веществ.

При переходе к удельным показателям требования, предъявляемые к экологической чистоте производственных процессов, приобретают новый количественный смысл.

Основные параметры, характеризующие состояние окружающей среды и ограничивающие ее загрязнение отходами производства, — это предельно допустимые концентрации некоторых вредных веществ в воздухе рабочей зоны, атмосферном воздухе, поверхностных водах окрестных водоемов и почвах. Приводить все действующие нормы ПДК нет смысла, так как они имеются в специальной справочной литературе по охране окружающей среды,

Перечни ПДК постоянно расширяются, что связано с появлением новых технологий, материалов, а также с новыми данными медико-биологических исследований, вскрывающих неизвестные вредные воздействия на живые организмы веществ, ранее считавшихся безвредными. В почвах и грунтах окрестной зоны паспортизуемого объекта должны контролироваться те же вредные вещества, которые определяются в выбросах и стоках, так как они попадают в почвы и грунты, а через них в растения и животных, оседая из атмосферы с осадками и из водоемов, в которые поступают после очистки сточные воды.

Контроль содержания вредных веществ в выбросах в атмосферу, стоках в поверхностные водоемы или на рельеф, а также попадающих на почву и грунты в виде осадка, инфильтрата, в твердых отходах производственной деятельности и бытовых — это функция служб экологического контроля. Однако для заполнения и оформления экологического паспорта этого недостаточно. Необходимо учесть фоновые характеристики окружающей среды, климатические факторы, «нештатные» ситуации и с помощью расчетов сопоставить все эти факторы и оценить суммарные воздействия на окружающую среду.

### 13.2 Порядок экологической паспортизации объектов

ЭП разрабатывается за счет собственных средств организации (предприятия), подлежит согласованию с СЭН и территориальными органами охраны природы, утверждается первым руководителем организации (предприятия), а затем регистрируется в территориальном органе охраны природы. Руководитель, утвердивший ЭП, несет персональную ответственность за правильность его составления, достоверность содержащихся в нем данных, своевременность внесения корректив, отражающих изменение характера использования природных и иных ресурсов, воздействия на окружающую среду.

ЭП является не только исполнительным документом одной из форм экологического контроля, но также служит информационной основой для паспортизации территорий, регионов и страны в целом. Для этого экземпляры ЭП распределяются следующим образом: один экземпляр хранится в организации, другой – в территориальном или региональном органе охраны природы; третий – направляется в НИИЦ «Экология» для формирования экологического банка данных.

Разработка ЭП - процесс индивидуальный и многоэтапный. Основой разработки ЭП являются:

- согласованные и утвержденные основные показатели строительно-производственной, хозяйственной и иной деятельности, связанной с потреблением ресурсов и воздействиями на окружающую среду;

- разрешения на природопользование (отвод земель, недр, водопользование и др.);

- паспорта всех очистных системой установок (воздухоочистных, газоочистных, водоочистных, канализационно-очистных и др.), сооружений и установок по сбору и утилизации отходов;

- данные статистической отчетности по природо- и ресурсопользованию.

Составление ЭП включает операции расчетов норм:

- предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ в атмосферный воздух (постоянно выбрасываемых и залповых);

- предельно допустимых стоков (ПДС), очищенных или неочищенных, сбрасываемых в поверхностные водоемы, или системы централизованной канализации (КОС), или на рельеф;

- предельно допустимых вредных воздействий (ПДВ) полей, излучений, физико-механических воздействий (тепловых, шумовых, электромагнитных, радионуклидов, механического разрушения поверхности литосферы, недр, изменения гидрологических, гидрогеологических условий и т. д.), а также инвентаризации источников воздействий и загрязнений окружающей среды.

Наиболее сложными и трудоемкими являются операции инвентаризации вредных воздействий, выбросов и стоков и расчеты норм ПДВ и ПДС.

Инвентаризацию проводят экологические службы с целью учета неблагоприятных воздействий, поступления вредных веществ в окружающую среду, их обезвреживания и улавливания, разработки мер по снижению и ликвидации воздействий и поступления вредных веществ. Инвентаризацию осуществляют расчетно-аналитическими методами и прямыми методами инструментальных измерений и контроля. Сопоставление результатов расчетов и измерений позволяет не только проверить и оценить точность и достоверность обеих операций, но и оценить эффективность работы очистных, фильтрующих и природоохранных систем.

Фактические показатели (качественные и количественные) поступления в окружающую среду неблагоприятных воздействий, вредных веществ сопоставляются (расчетным путем) с нормами ПДВ и ПДС. На этом основании делаются выводы о приемлемости или неприемлемости деятельности организации, предприятия, отдельного объекта по природоохранным критериям для данных экологических и природно-климатических условий. Затем принимается обоснованное решение: разрешающее дальнейшую деятельность (экологически безопасный объект); разрешающее деятельность частично или при условии проведения неотложных мероприятий, долгосрочных

мероприятий (экологически опасный объект); запрещающее деятельность (крайне экологически опасный объект).

Методические вопросы расчета выбросов и стоков, разработки проектом ПДВ и ПДС, проведения инструментальных измерений и контроля достаточно подробно разработаны, стандартизованы и содержатся в справочной литературе.

При принятии решения о строительстве и вводе какого-либо нового объекта - источника поступления вредных веществ в окружающую среду, либо при реконструкции действующего объекта, либо при необходимости принятия решения о дальнейшем функционировании объекта (при утверждении и согласовании экологического паспорта) делаются расчеты предельно допустимых выбросов, или стоков, или воздействий, учитывающих экологическую ситуацию на территории, где предполагается разместить или размещен объект.

На следующем этапе учитываются все имеющиеся (известные) поступления вредных веществ от действующих на территории объектов - источников. Таким образом, сопоставляются масса поступающих в среду вредных веществ и их концентрации. В результате получают оценки допустимых добавочных поступлений для этих веществ в окружающую среду. Эти значения и сопоставляются с проектными (расчетными) значениями выбросов или стоков конкретных вредных веществ от рассматриваемого объекта, планируемого к строительству, подлежащего реконструкции или паспортизируемого.

### **13.3 Методологические особенности экологической паспортизации промышленных объектов и технологий**

Цель инженерно-экологической паспортизации - установление предельно допустимых воздействий промышленных объектов и технологий на окружающую среду с учетом ее фонового состояния.

Последовательность паспортизации следующая:

- установление фонового загрязнения поверхностных вод и атмосферы, устойчивости ландшафта;
- составление матрицы для каждого вида технологического процесса, в которой определены элементарные операции;
- составление корреспондирующей матрицы нормокомплектов машин, механизмов и оборудования, необходимых для реализации элементарных технологических операций;
- составление основной матрицы воздействия элементарных технологических операций на окружающую среду (по каждому нормативному показателю);
- суммирование показателей воздействия элементарных технологических операций.

В дальнейшем полученная интегральная характеристика воздействий на окружающую среду сравнивается с ее фоновым состоянием в конкретном геофизическом пункте. При превышении уровней ПДК, ПДВ, ПДН и ПДС (предельно допустимых сбросов) ставится вопрос о замене технологии. На основании сравнения видов и уровней воздействий элементарных операций и технологий в целом на окружающую среду делается вывод о его экологической безопасности.

*Экологический паспорт предприятия* в его окончательном виде включает следующие документы:

- 1 справку о природоохранной деятельности;
- 2 схему расположения объекта;
- 3 баланс водопотребления и водоотведения;
- 4 характеристику используемого сырья;
- 5 выбросы вредных веществ в атмосферу в целом по объекту;
- 6 выбросы в атмосферу вредных веществ по состоянию ПТУ (пыле-газоуловителей);
- 7 содержание вредных веществ в атмосфере;
- 8 характеристику сжигаемого топлива и выбросов от объектов теплоэнергетики;
- 9 показатели использования воды;

- 10 состояние очистных сооружений в целом по объекту;
- 11 показатели очистки сточных вод и содержание загрязняющих веществ в водоеме;
- 12 показатели образования, накопления и использования твердых отходов;
- 13 сведения о рекультивации;
- 14 прогноз динамики выбросов в атмосферу, сбросов в водоемы и использование отходов по отдельным производствам;
- 15 затраты на природоохранную деятельность по предприятию;
- 16 итоговые данные по выбросам в атмосферу и сбросам в водоемы (в целом по предприятию);
- 17 дополнительные сведения о природоохранных и ресурсосберегающих мероприятиях.

## Раздел 4 Современные технологии (процессы, агрегаты) и тенденции создания экологически безопасного металлургического производства

### Лекция 14 Эффективные технические решения по снижению пылегазовых выбросов коксохимического производства: при углеподготовке и загрузке коксовых печей

14.1 Улавливание пыли в углеподготовительных цехах и при обогащении углей перед коксованием на обогатительных фабриках

14.2 Снижение выбросов при загрузке коксовых печей

В настоящее время на коксохимических заводах применяется следующая классификация коксовых цехов в экологическом отношении:

1 цехи, где нет никаких мероприятий по защите атмосферного воздуха;

2 цехи, где имеется бездымная загрузка угольной шихты, очистка отопительного газа от сероводорода до остаточного содержания  $3,0 \text{ г/м}^3$  и биохимическая очистка сточных вод перед их использованием на тушение кокса;

3 цехи, где помимо указанных в п. 2 мероприятий имеется установка для беспылевой выдачи кокса.

Благодаря частичной очистке отопительного коксового газа от сероводорода, применению бездымной загрузки угольной шихты, биохимически очищенной сточной воды для тушения кокса можно довести выбросы вредных веществ в атмосферу до  $2,6 \text{ кг/т}$ , а беспылевая выдача кокса дает возможность снизить их до  $1,06 \text{ т/г}$  кокса.

Поскольку компоненты выбросов представляют разную опасность для окружающей среды, то целесообразно представить их в виде приведенных выбросов, т.е. с учетом коэффициентов агрессивности (таблица 18).

Приведенные в таблице данные свидетельствуют, что для большинства заводов по приведенным величинам характерной можно считать величину  $143,0 \text{ усл. кг/т}$  кокса. При отсутствии природоохранных мероприятий эта величина гораздо выше -  $147,0 \text{ кг/т}$  кокса, а применение беспылевой выдачи кокса позволяет сократить ее до  $113 \text{ усл. кг/т}$  кокса.

Таблица 18 - Приведенные удельные выбросы вредных веществ в атмосферу при производстве кокса (2010г.), усл. г/т кокса

Компоненты	Коэффициент агрессивности А	Цехи 1-го типа	Цехи 2-го типа	Цехи 3-го типа
Пыль	100	59670,0	41670,0	31020,0
Оксид углерода	1	164,5	143,8	143,8
Оксиды азота	41,1	5199,2	3571,6	3571,6
Диоксид серы	16,5	45361,8	8703,8	8703,8
Сероводород	41,1	1469,3	248,7	248,7
Аммиак	4,6	503,7	391,9	391,9
Цианистый водород	282	3905,7	987,0	987,0
Бензол	11,0	470,3	94,0	94,0
Фенол	310	36766,0	744,0	744,0
Нафталин	64,4	1014,3	290,0	290,0
3,4-бензпирен	$12,6 \cdot 10^5$	19120,5	14616,0	10250,0
Итого	-	173645,3	71460,8	56444,8

#### 14.1 Улавливание пыли в углеподготовительных цехах и при обогащении углей перед коксованием

В углеподготовительных цехах из углей, предназначенных для коксования, готовится угольная шихта заданного качества. При этом в соответствии с технологической схемой выполняются следующие операции: прием, разгрузка и складирование углей, дозирование, дробление, сепарация и смешение компонентой шихты. Все эти операции, а также транспортирование углей и шихты сопровождаются выделением в окружающий воздух угольной пыли, количество которой зависит от влажности угля. При колебаниях влажности угля в пределах 7,0-8,5% количество уносимой пыли практически постоянно и составляет при открытом складе угля без обработки штабелей связывающими веществами 350 г/т, при обработке штабелей раствором винилацетата или стиролбутадиеновой смолы 140 г/т, при наличии закрытого склада угля 60 г/т кокса.

Радикальным мероприятием по снижению выбросов при складировании углей является сооружение закрытого склада с эффективными системами аспирации и пылеулавливания: Запыленность воздуха рабочей зоны может быть уменьшена путем следующих мероприятий: герметизации пылящего оборудования; сооружения аспирационных систем, предназначенных для удаления запыленного воздуха; систем с эффективным пылеулавливающим оборудованием; устройством приточной вентиляции; блокировкой технологического оборудования с аспирационными системами; регулярной уборкой помещений и оборудования от осевшей пыли; систематическим контролем за состоянием воздуха производственных помещений.

Одним из факторов, влияющих на запыленность воздуха производственных помещений, является уборка осевшей пыли с поверхностей полов, стен и оборудования. На коксохимических предприятиях наибольшее распространение получила мокрая уборка, что обусловлено взрывоопасными свойствами угольной пыли. Однако опыт сухого пылеулавливания на ряде предприятий показывает, что в принципе можно производить и сухую уборку. В этом случае целесообразно использовать централизованные пылесосные установки с водокольцевыми вакуум-насосами. Это позволит избавиться от водно-шламового хозяйства, упростить эксплуатацию системы, но потребует устройства разветвленной сети коммуникаций, очистки воздуха перед выбросом в атмосферу и решения вопросов утилизации уловленной сухой пыли.

До настоящего времени основным способом улавливания угольной пыли остается мокрый. В связи с этим на предприятиях наиболее распространены центробежные скрубберы, скоростные промыватели, циклоны с водяной пленкой; в ряде случаев применяются оригинальные конструкции, разработанные предприятиями. В последнее время появились ротоклоны. Сухие коллекторы, используемые в качестве первой ступени очистки, в большинстве случаев оборудуют устройствами для подачи и распыления воды. Эффективность улавливания угольной пыли в мокрых аппаратах весьма различна, что связано, по-видимому, как с плотностью орошения и качеством распыления жидкости, так и с дисперсностью улавливаемых частиц. Необходимость комплексного решения природоохранных проблем обуславливает перспективность сухих методов при обеспыливании газов и воздуха.

Это подтверждает многолетний опыт эксплуатации сухих пылеуловителей на ряде предприятий (ОАО «Северсталь», АО «Испат-Кармет», ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат»). В частности, циклоны СИОТ успешно эксплуатируются на Губахинском заводе более 25 лет для обеспыливания аспирационного воздуха при подготовке и обогащении угля. Степень очистки составляет 70-84%, что при фактической начальной запыленности  $< 200 \text{ мг/м}^3$  вполне достаточно для достижения санитарных норм на выбросе в атмосферу. В циклонах диаметром 4000 мм после сушилок флотоконцентрата в АО «Западно-Сибирский металлургический комбинат» степень очистки достигает в среднем 88,5% при колебаниях начальной запыленности от 10 до  $130 \text{ г/м}^3$  и расходе очищаемых газов от 43,2 до 61,3 тыс.  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

К перспективным методам следует отнести применение электрофильтров. Как известно, в угольной промышленности и на тепловых электростанциях широко применяются электрофильтры УВП (угольный, вертикальный, пластинчатый). В последнее время вместо этих электрофильтров выпускаются аппараты УВВ (унифицированный, вертикальный, взрывобезопасный). Электрофильтры УВВ предназначены для улавливания угольной пыли с концентрацией до  $60 \text{ г/м}^3$  при температуре газа до  $130 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Применение таких сравнительно дорогих аппаратов, как электрофильтры, экономически оправдано при больших масштабах очистки. Общая производительность достаточно громоздкой установки  $\sim 1500 \text{ тыс. м}^3/\text{ч}$ . При начальной концентрации коксовой и агломерационной пыли порядка  $1,42 \text{ г/м}^3$  остаточная запыленность составляет  $40\text{-}60 \text{ мг/м}^3$  (т.е. средняя степень очистки  $\sim 96,5\%$ ).

Приемлемые результаты получены ВУХИНОм при испытаниях конических циклонов. Избыточный газ-теплоноситель разбавляли воздухом до содержания кислорода  $3\text{-}7\%$  (объемы.), подогревали до  $450\text{-}550 \text{ }^\circ\text{C}$ , подвергали каталитической очистке от органических соединений в реакторе кипящего слоя, а затем направляли в циклон на очистку от пыли. Степень улавливания тонкодисперсной пыли с концентрацией  $4,8\text{-}6,9 \text{ г/м}^3$  составила ок.  $90\%$ .

В АО «НЛМК» также имеется опыт применения циклонов для обеспыливания аспирационного воздуха на закрытом складе угля. Степень улавливания угольной пыли в группах из трех циклонов диаметром  $1,2 \text{ м}$  составляет  $96,8\text{-}97,0\%$ .

Таким образом, наиболее эффективные технические решения проблемы улавливания угольной пыли - применение высокоэффективных сухих циклонов, а при проектировании новых предприятий децентрализованных систем с использованием электрофильтров.

#### **14.2 Снижение выбросов при загрузке коксовых печей**

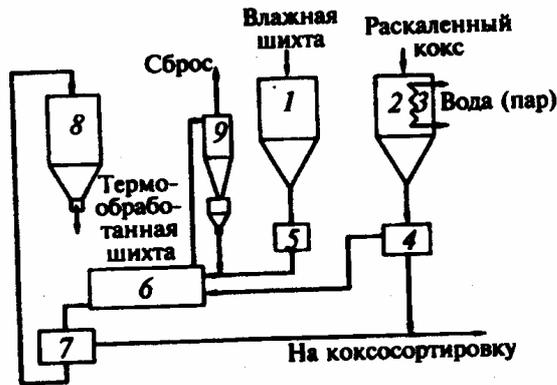
При загрузке влажной угольной шихты в раскаленную печную камеру образуется  $\sim 5 \text{ м}^3$  газов на каждую тонну загруженной шихты. Эти газы содержат  $10\text{-}60 \text{ г/м}^3$  взвешенных частиц угольной и полукоксовой пыли. В пересчете на  $1 \text{ т}$  производимого кокса выделение пыли при загрузке печей достигает  $150\text{-}400 \text{ г/т}$ , при этом количество выделяющейся пыли резко увеличивается с уменьшением влажности шихты  $< 7\%$ .

Серьезные трудности возникают при загрузке термopодготовленной шихты. Для загрузки шихты, прошедшей термopодготовку, применение традиционных способов бездымной загрузки с отсосом газов загрузки в газосборники совершенно невозможно из-за увеличения уноса пыли в газосборники и связанного с этим ухудшения качества каменноугольной смолы и пека.

Термическая подготовка шихты к коксованию заключается в нагреве ее до температуры  $150\text{-}200 \text{ }^\circ\text{C}$  с целью снижения влажности и повышения насыпной плотности. В настоящее время используют в основном два метода нагрева шихты: газовым теплоносителем (в сушилках кипящего слоя и в трубах-сушилках) и нагрев шихты горячим кусковым коксом (совмещенный процесс термopодготовки шихты и сухого тушения кокса).

Например, в установке термической обработки шихты на коксовой батарее №7 АО «ЗСМК» в качестве первой ступени очистки теплоносителя после трубы-сушилки установлен батарейный циклон со 100 элементами диаметром  $229 \text{ мм}$ . На второй ступени использован мокрый пылеуловитель. Громоздкость, ненадежность и недостаточная эффективность мультициклона (степень очистки  $88\%$ ) требуют на следующих этапах испытания дополнить схему коническим циклоном. Расчетная степень очистки дополнительного циклона  $76,5\%$ , концентрация пыли уменьшается с  $26\text{-}47$  до  $5,1 \text{ г/м}^3$ , что позволяет снизить остаточное содержание пыли на выбросе в атмосферу до  $0,15 \text{ г/м}^3$ .

Совмещенный процесс термической подготовки шихты и сухого тушения кокса, разработанный ВУХИНОм, имеет существенные преимущества как с точки зрения технологии и утилизации тепла, так и по своим экологическим показателям. Суть этой технологии (рисунок 17) заключается в смешивании измельченной влажной шихты с раскаленным кусковым коксом с последующим отделением нагретой шихты от потушенного кокса.

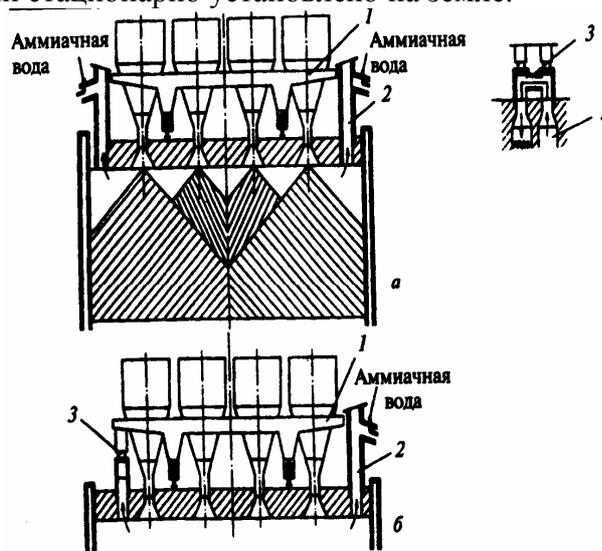


1-бункер исходной шихты; 2-бункер раскаленного кокса; 3-рекуператор избыточного тепла кокса; 4-рассев раскаленного кокса; 5-загрузчик исходной шихты; 6-теплообменный аппарат; 7-рассев углекоксовой смеси; 8-бункер термически подготовленной шихты; 9-циклон-отделитель угольной пыли

Рисунок 17 – Схема совмещенного процесса термоподготовки шихты и тушения кокса

Опытно-промышленные исследования этого процесса на установке производительностью 10-12 т/ч проведены на Криворожском КХЗ. Процесс происходит в закрытом теплообменном аппарате, откуда водяные пары за счет естественной тяги поступают на очистку в циклон типа ЦН-15 и выбрасываются в атмосферу. К водяным парам, объем которых определяется влажностью шихты, вследствие неплотностей в аппаратах подсасывается воздух в количестве 25% от объема паров. Суммарный удельный объем выделяющихся газов при исходной влажности шихты 8,9-9,1% составляет 120-140 м<sup>3</sup>/т шихты, содержание пыли в этих газах в среднем - 14 г/м<sup>3</sup>. Сбрасываемая пылегазовая смесь имеет температуру - 100 °С; находящиеся в ней частицы угольной пыли, являясь центрами конденсации, покрываются водяной пленкой, благодаря чему они коагулируют и легко улавливаются в циклоне. Степень очистки в циклоне достигает 99,2%, а остаточная концентрация пыли 110 мг/м<sup>3</sup>.

Применяемые за рубежом способы уменьшения пылегазовых выбросов, образующихся при загрузке печей, основаны на отводе в газосборник путем инжекции пара или надсмольной воды под высоким давлением в стояк, а также отсосе газов из печи и очистке перед выбросом в атмосферу. Отсасывающее и газоочистное оборудование размещено на углезагрузочном вагоне или стационарно установлено на земле.



1-углезагрузочный вагон; 2-стояк; 3-перепускной трубопровод, соединяющий загружаемую коксовую печь 4 с соседней; а - с отводом газов через стояки загружаемой печи; б - дополнительным отводом через смежную камеру

Рисунок 18 - Система бездымной загрузки шихты путем гидроинжекции

На новых батареях в Германии и других странах бездымная загрузка шихты обеспечивается отсосом газов в газосборник путем гидроинжекции.

Для печей с широкими камерами коксования (масса загружаемой шихты 50 т) при оптимальном расположении загрузочных стояков и соответствующей конструкции углезагрузочного вагона требуемая эффективность достигается при отводе газов через стояк загружаемой печи (рисунок 18, а). Для большей гарантии бездымности на коксовой стороне батареи предусматривают иногда мини-стояки, через которые загружаемая печь во время загрузки шихты соединяется со смежной печью с помощью U-образного перепускного патрубка (рисунок 18, б) для отвода части газов в газосборник через соседнюю камеру.

Широко применяются за рубежом и комбинированные системы отсоса образующихся при загрузке газов: в газосборник печи и стационарный вытяжной газопровод на верху батареи.

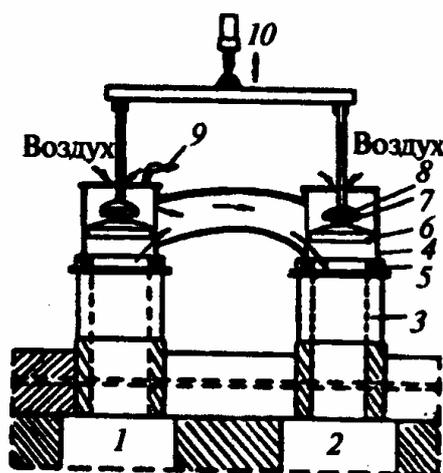
Для этого используются модифицированные углезагрузочные вагоны, оборудованные системами сбора, сжигания и передачи газа, которые не могут быть направлены в газосборник, в стационарный газопровод. В процессе загрузки шихты углезагрузочный вагон с помощью специальных устройств подсоединяется к вытяжному газопроводу.

Такие системы предпочитают также внедрять при модернизации коксовых батарей, поскольку оборудование их мини-стояками на коксовой стороне сопряжено с большим объемом работ на перекрытии батарей, а применение гидроинжекции с отсосом газов, образующихся при загрузке, только через стояк загружаемой печи не обеспечивает требуемой бездымности.

Системы бездымной загрузки шихты, внедренные в последние годы на некоторых вновь построенных и реконструированных коксовых батареях, рассмотрены ниже.

В Германии на заводе в Дуйсбург-Хукингене фирмы «Майнесманнререн-верке» на коксовой батарее с печами объемом  $70 \text{ м}^3$  (разовая загрузка 60 т шихты 10%-ной влажности) бездымность загрузки шихты обеспечивается применением гидроинжекции. Загрузка угольной шихты в печь осуществляется через четыре люка за 90 с. Коксовая батарея оборудована газосборником диаметром 1400 мм на машинной стороне, который разделен по длине на три участка с индивидуальным отводом от каждого, и стояками увеличенной высоты с встроенными клапанными коробками и гидравлическим уплотнением крышек.

На заводе «Проспер» фирмы «Рурколе» (Германия) на двух новых коксовых батареях с печами объемом  $62 \text{ м}^3$  для загрузки шихты применяется четырех-бункерная углезагрузочная машина (масса с шихтой около 290 т), бункера которой оснащены горизонтальными шнековыми питателями для принудительной выгрузки шихты.

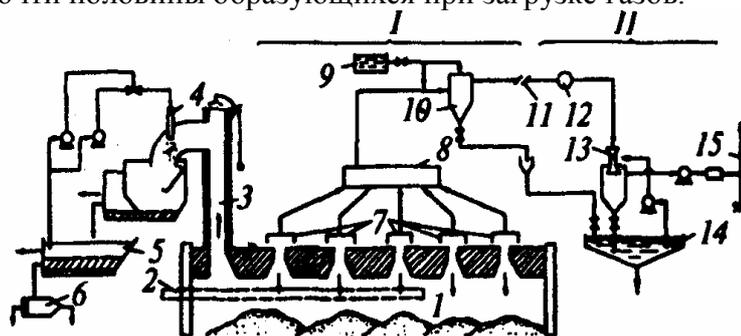


1-загружаемая камера; 2-смежная камера; 3-газоотводящий патрубок; 4-перепускная труба; 5-водяной затвор; 6-крышка; 7-магнит; 8-уплотнительный конус; 9-клапан сброса; 10-гидроцилиндр

Рисунок 19 - Схема соединения смежных камер коксования при загрузке шихты

Для обеспечения бездымной загрузки шихты также применяется система гидроинжекции (давление надсмольной воды 3,5 МПа); отсос газов осуществляется через загружаемую и соседнюю камеры коксования. С этой целью на коксовой стороне батареи установлены мини-стояки, соединяемые попарно перепускной трубой (рисунок 19). К концу процесса загрузки приводится в действие клапан, через который поступает воздух для вытеснения остаточных газов из перепускной трубы.

Применение систем комбинированного отсоса образующихся при загрузке шихты газов в газосборник коксовой печи и стационарный вытяжной газопровод широко практикуется в Японии. Системами бездымной загрузки такого типа оснащены практически все батареи. Бездымная загрузка осуществляется путем отсоса части запыленных газов в газосборник печи за счет инжекции аммиачной воды в стояк, а остального количества газов после сжигания - в вытяжной стационарный газопровод, проходящий вдоль коксовой батареи (рисунок 20). Мощность инжекционной форсунки обычно выбирают так, чтобы обеспечить отсос в газосборник почти половины образующихся при загрузке газов.



1-камера коксования; 2-планирная штанга; 3-стояк; 4-форсунка для инжекции аммиачной воды; 5-смолоотстойник; 6-центробежный отделитель; 7-вытяжные колпаки; 8-камера сжигания запыленных газов; 9-емкость с водой; 10-пылеосадитель; 11-соединительный клапан; 12-стационарный вытяжной газопровод; 13-скруббер Вентури; 14-сгуститель; 15-дымовая труба;

I-оборудование, монтируемое на углезагрузочном вагоне; II-оборудование, монтируемое на земле

Рисунок 20 - Система бездымной загрузки шихты в коксовые печи

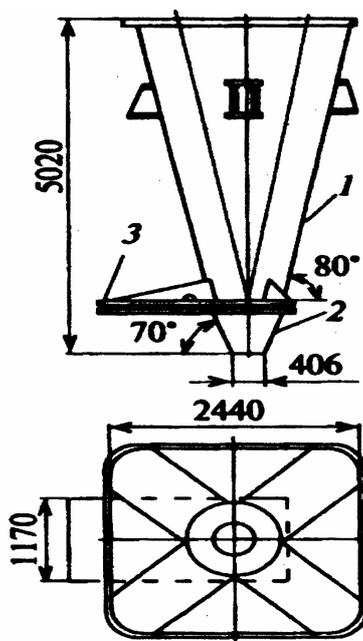
Японской системой бездымной загрузки оснащена коксовая батарея № 1 (60 печей высотой 6,1 м) на металлургическом заводе фирмы «ЛТВ Стил» в Чикаго (США), расположенном в промышленном районе с высоким уровнем загрязнения атмосферы, и на коксовой батарее металлургического завода фирмы «Соллак» в Сереманже (Франция). Для загрузки шихты применяется углезагрузочная машина сварной порталной конструкции, которая монтируется на четырех приводных тележках. Четыре бункера машины выполнены из коррозионностойкой стали, оборудованы песковыми питателями и механически регулируемые измерительными устройствами для контроля уровня заполнения. Газы отсасываются в газосборник батареи путем инжекции в стояки аммиачной воды под давлением 4,2 МПа, частично сжигаются и через кольцевое пространство телескопов и сборный коллектор на углезагрузочной машине поступают в стационарный вытяжной газопровод, соединенный с системой газоочистки. Эта система расположена в конце коксовой батареи и включает сатуратор, промывочный скруббер Вентури, сепаратор и вытяжной вентилятор. Система работает по циклическому графику, общая продолжительность рабочего цикла 7 мин 25 с. Характеристика системы газоочистки приведена ниже:

Количество поступающего на обеспыливание газа, тыс. м <sup>3</sup> /ч	21
Содержание пыли:	5-15
-в отсасываемых газах, г/м <sup>3</sup>	60-80
-в очищенных газах, мг/м <sup>3</sup>	
Расход распыляемой воды, м <sup>3</sup> /ч:	25

-в сепараторе	38
-в промывочном скруббере	
Производительность вытяжного вентилятора (при 53 °С), тыс. м <sup>3</sup> /ч	36
Разрежение, обеспечиваемое вентилятором, кПа	22,5
Мощность привода вентилятора, кВт	300
Эффективность обеспыливания, %	99,0

В последние годы для очистки газов, образующихся при загрузке наряду с мокрыми методами очистки, получают применение тканевые фильтры. Способ сухой очистки таких газов впервые применен в Нидерландах при модернизации коксового цеха №1 на заводе фирмы «Хооговенс» в Эймейдене. Для обеспечения бездымности загрузки шихты четырехбункерная углезагрузочная машина с тарельчатыми питателями оборудована системой газопроводов и устройств, обеспечивающих отвод газов в стационарный вытяжной газопровод. Загрузка печи осуществляется автоматически, выпуск шихты из бункеров машины регулируется так, чтобы скорость разгрузки каждого бункера соответствовала заданной.

Газы очищают в тканевых фильтрах «Микропул», работающих под давлением в автоматическом режиме. В качестве сорбента и вспомогательного фильтрующего материала используют известняк или доломит тонкого помола. Свежий сорбент периодически подается в трубопровод загрязненного газа за несколько метров до фильтра, оседает на рукавах фильтра и образует лобовой слой. Остаточная концентрация пыли в газах составляет 1 мг/м<sup>3</sup>.



1-бункер; 2-переходной конус; 3-отсекающая заслонка  
Рисунок 21 - Конструкция бункера с массовым потоком шихты

В Великобритании в качестве эффективного решения, обеспечивающего бездымность загрузки шихты в коксовые печи, все большее распространение получает способ последовательной загрузки шихты с использованием углезагрузочных вагонов (УЗВ), работающих по принципу создания массового потока выгружаемой шихты. Сущность принципа истечения шихты по модели массового потока состоит в том, что частицы шихты при ее выгрузке из бункера находятся в движении в любой точке объема бункера (как в осевой зоне, так и на периферии). Это предотвращает зависание шихты в бункере, сводообразование и неоднородность потока шихты во времени.

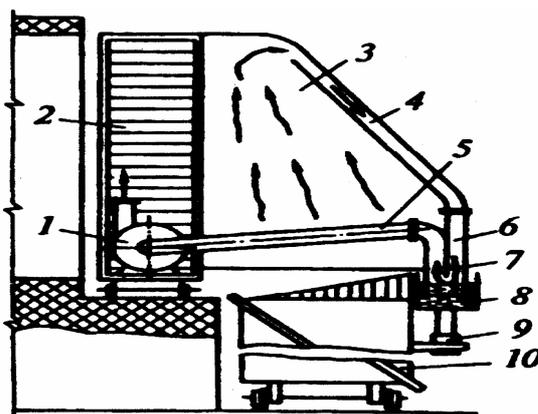
Первый бункер новой конструкции (рисунок 21) емкостью 8,5 т, в форме перевернутой пирамиды с углом наклона стенок 80° и выпускным отверстием диаметром 914 мм, был изготовлен из малоуглеродистой стали толщиной 8 мм и оснащен комплектом переходных

конусов из нержавеющей стали с выпускными отверстиями разных. Испытания бункера подтвердили, что разработанная конструкция обеспечивает условия для массового потока шихты и требуемую скорость загрузки даже при использовании трудно текущей шихты высокой влажности (до 14%) при диаметре разгрузочного отверстия не менее 356 мм. Более того, нормальное истечение шихты из бункера обеспечивалось даже после хранения ее в бункере в течение 6 сут., а также легко возобновлялось в случае прерывания потока.

На коксохимических предприятиях нашей страны шихту загружают также углезагрузочными вагонами. Углезагрузочный вагон с 3 или 4 бункерами устанавливается над люками подлежащей загрузке камеры, выпускные патрубки бункеров с помощью телескопических устройств присоединяются к загрузочным люкам, после чего производится выпуск шихты. Бездымность загрузки, как правило, обеспечивают путем отсоса всех газов загрузки в газосборники. Наиболее распространен метод эвакуации газов загрузки через стояки с помощью паровых инжекторов. При этом эффективность отсоса зависит от давления пара на форсунках (0,7-0,9 МПа).

Основным недостатком метода пароинжекции с точки зрения защиты окружающей среды является увеличение количества аммиачной воды в результате конденсации пара, израсходованного для отсоса газов загрузки. В связи с этим в последнее время преимущественное распространение получает гидроинжекция с использованием аммиачной воды цикла газосборников.

Для реализации этого метода необходим насос давлением до 2-3 МПа (рисунок 22) и трубопроводы высокого давления для подачи воды к форсункам.



1-вентилятор; 2-коксонаправляющая; 3-зонт; 4-горячий газоход; 5-холодный газоход; 6-тройник; 7-перегородка; 8-емкость с водой; 9-пневмоцилиндр; 10-тушильный вагон.

Рисунок 22 - Схема передвижной установки беспылевой выдачи кокса

Опыт применения гидроинжекции показал, что системы работают устойчиво и при давлении воды >2 МПа, практически полностью обеспечивая отсос газов. Недостатком этого метода является необходимость регулярной чистки стояков, колена которых зарастают отложениями в течение 7-10 сут.; при несоблюдении графика чистки изменяется форма струй, вследствие чего резко снижается эффективность инжекции.

## **Лекция 15 Эффективные технические решения по снижению пылегазовых выбросов при выдаче и тушении кокса. Очистка коксовых газов**

15.1 Снижение выбросов при выдаче кокса

15.2 Пылеподавление при тушении кокса и на коксортировке

15.3 Очистка газов при производстве кокса

## 15.1 Снижение выбросов при выдаче кокса

Борьба с выбросами при выталкивании кокса из печных камер - одна из наиболее сложных задач. Над раскаленным коксом, попадающим в тушительный или коксовозный вагоны, возникает интенсивное восходящее течение нагретого воздуха, которое вовлекает в движение значительные массы окружающего атмосферного воздуха. Этот подсосываемый (эжектируемый) из атмосферы поток подхватывает образующиеся при разрушении коксового пирога частицы пыли и увлекает их вверх. В результате возникает окрашенное пылевое облако значительных размеров, в котором кроме пыли могут содержаться и газообразные вредные вещества, выделяющиеся из кокса; объем этих газов сравнительно невелик и обычно не превышает нескольких десятков кубометров.

Образование пылевого облака при выдаче происходит весьма быстро, и этот неорганизованный выброс принято относить к залповым. При выдаче кокса недостаточной готовности наблюдается образование густых облаков плотного черного или черно-зеленого дима. Такие явления наблюдаются при незавершенности процесса коксования в центре угольной загрузки или неравномерном обогреве печей, приводящем к образованию в загрузке холодных зон.

Существует несколько вариантов систем беспылевой выдачи кокса: пылеотсасывающие зонты над коксонаправляющей и тушилными вагонами; перекрытия над рельсовым путем тушительного вагона; комбинированные системы беспылевой выдачи и тушения кокса.

Наибольшее признание получили системы с устройством зонтов, отсосом и очисткой газов выдачи. При этом отсасывающее и пылеулавливающее оборудование проектируют как в передвижном, так и в стационарном исполнении. На практике чаще всего используются системы с передвижным зонтом и стационарной системой пылеулавливания. В качестве пылеуловителей применяют скрубберы Вентури, мокрые электрофильтры, тканевые фильтры. В последнее время за рубежом наблюдается тенденция перехода только на сухие пылеуловители, как правило, рукавные фильтры.

В СНГ первоначально применялась передвижная система обеспыливания газов выдачи, смонтированная на двересъемной машине. Легкий зонт соединялся с группой из двух циклонов и дымососом. Такие системы на батарее с объемом камер 41,6 м<sup>3</sup> улавливали примерно 750 кг пыли в сутки. Однако предусмотренное проектом удаление пыли из бункеров циклонов шнековыми транспортерами оказалось неработоспособным, циклоны быстро забивались пылью, что приводит к интенсивному износу дымососов и выходу их из строя.

В 1983г. на Коммунарском коксохимическом заводе была пущена первая установка беспылевой выдачи кокса (УБВК) со стационарной системой отсоса и очистки газов (рисунок 23). В последующие годы подобные установки были смонтированы ещё на ряде заводов.

Существующие тенденции все еще базируются на увеличении объема отсасываемых газов до 150-180 тыс. м<sup>3</sup>/ч с соответствующим увеличением размеров и конструкции зонта. Концентрация пыли в отсасываемом из-под зонта газе достигает 18-22 г/м<sup>3</sup>. Устанавливая на первой ступени очистки группы циклонов, достигают суммарной степени очистки 99,1-99,2% при остаточной концентрации пыли в газах выдачи 0,11-0,22 г/м<sup>3</sup>. Нетрудно видеть, что увеличив объем отсасываемых газов, получаем повышенную запыленность, уменьшение которой до требуемых норм требует повышения степени очистки.

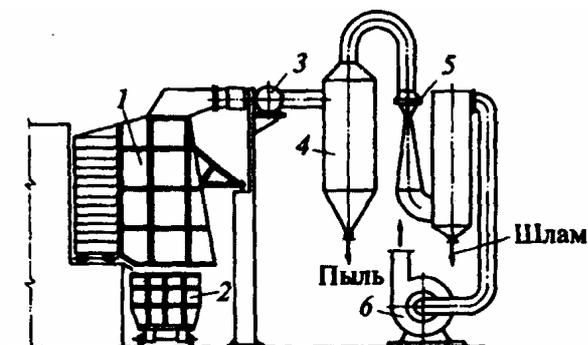
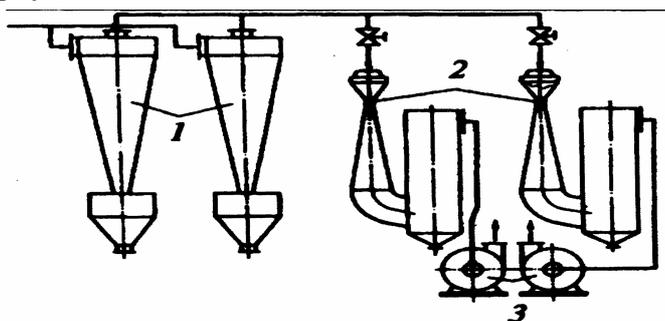


Рисунок 23 - Схема установки беспылевой выдачи кокса со стационарной системой очистки

Наиболее простым вариантом сухого пылеулавливания является система из конических циклонов. Такие системы разработаны и включены в проекты для ОАО «КМК» (рисунок 24) и ОАО «Носта».

Схемы отличаются простотой и не требуют высококвалифицированного обслуживания, поэтому они имеют приоритет при реконструкции действующих предприятий. Эффективно применение циклонов СК-ЦН-22, СЦН-40 и др. Основным требованием при этом, помимо высокой эффективности и приемлемого гидравлического сопротивления является предотвращение абразивного износа, что достигается правильным выбором скоростей во входном патрубке и корпусе циклона.



1-циклоны СК-ЦН-34-3600; 2-пулеуловители КМП-8; 3-вентиляторы ВВН-18  
Рисунок 24 - Проектная схема очистки газов выдачи с коническими циклонами

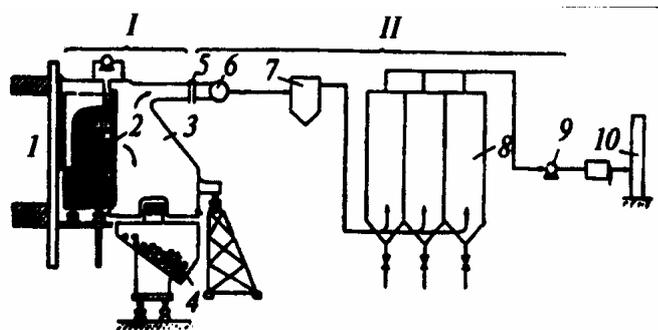
Для стационарной установки обеспыливания газов выдачи наиболее эффективным решением с точки зрения пылеулавливания является применение электрофильтров. Наибольший экономический эффект при этом получают при совмещении в них очистки газов выдачи и газов загрузки при условии утилизации уловленной смеси угольной, полукоксовой и коксовой пыли. Поскольку газы загрузки содержат много горючих веществ, возникает необходимость обеспечения взрывобезопасности, поэтому следует использовать электрофильтры.

Для сокращения неорганизованных выбросов, образующихся при выдаче кокса из камер коксования в тушильный вагон, на коксовых батареях № 5 и 6 КХП АО «Северсталь» в 1997г. построена установка беспылевой выдачи кокса. На двересъемной машине установлен зонт, который закрывает «корзину» коксонаправляющей и тушильный вагон. С помощью телескопических патрубков, установленных на зонте, происходит стыковка зонты и газового коллектора, предназначенного для транспортировки газо-воздушной смеси на очистку в двух электрофильтрах типа ЭГА. Затем воздух, очищенный от мелкодисперсной пыли до концентрации 50-80 мг/м<sup>3</sup>, выбрасывается в атмосферу, а уловленная электрофильтрами пыль используется как добавка в шихту для коксования. Сокращение выбросов пыли в атмосферу при выдаче кокса составляет 200 т/год.

Из всех применяемых в настоящее время за рубежом систем беспылевой выдачи кокса (перекрытие над всей коксовой стороной батареи; отсос и очистка выделяющихся газов в стационарной системе скрубберов; пылеулавливающие зонты над коксонаправляющей и

тушильным вагоном с газоочистным оборудованием на тушильном вагоне или соединенной с ним платформе; пылеулавливающие зонты над коксонаправляющей и тушильным вагоном со стационарными вытяжным газопроводом и системой газоочистки) наиболее эффективными признаны системы последнего типа. В Японии такими системами оснащены практически все коксовые батареи.

Схема одной из таких систем показана на рисунке 25. Ширина пылеулавливающего зонта равна ширине коксоприемного вагона, длина колеблется от 6 до 10 м в зависимости от объема камеры коксования. Мощность дымососа в системе беспылевой выдачи при 40 °С составляет 2500-4500 м<sup>3</sup>/мин в зависимости от объема камеры коксования. Для очистки газов применяются как мокрые, так и сухие методы очистки.



1-камера коксования; 2-коксонаправляющая; 3-пылеулавливающий зонт;  
4-коксоприемный вагон; 5-соединительный клапан; 6-стационарный вытяжной газопровод; 7-пылеосадитель; 8-тканевый фильтр; 9-дымосос; 10-дымовая труба;

I-оборудование, монтируемое на коксонаправляющей; II-оборудование, монтируемое на земле

Рисунок 25 - Система беспылевой выдачи кокса из печей

Широкое признание в мире получила система беспылевой выдачи типа «Министер Штайн», разработанная фирмой «Хартунг, Кун унд Ко» (Германия). Эта система обеспечивает практически 100%-ное пылеулавливание (остаточное содержание пыли в газах после тканевых фильтров составляет < 20 мг/м<sup>3</sup>). Выбросы пыли при выдаче кокса снижаются до 5 г/т кокса. Пропускная способность газоочистки с тканевыми фильтрами, используемой в этой системе беспылевой выдачи, составляет > 200 тыс. м<sup>3</sup>/ч. Система отличается от других систем такого типа способом стыковки газопровода с пылеулавливающим зонтом. Передвижной зонт закрывает полностью коксоприемный вагон и коксонаправляющую во время выдачи кокса. Зонт опирается на площадку коксовой стороны батареи и дополнительный рельс. Его подключают к стационарному газопроводу перед выдачей кокса с помощью соединительного патрубка, движущегося на тележке над верхней частью газопровода, имеющей расщелину, закрытую решеткой, которая служит опорой для ленты из высокотемпературного эластомера, закрывающей расщелину. Такая конструкция устраняет необходимость в оборудовании стационарного газопровода множеством заслонок напротив каждой печи. Для предохранения от перегрева отсасываемые при выдаче кокса газы охлаждают в рекуператоре.

Система беспылевой выдачи кокса типа «Министер Штайн» в последние годы внедрена на новых коксовых батареях в Германии, Великобритании, Нидерландах, США.

В ходе совершенствования указанной системы фирмой «Хартунг, Кун унд Ко» разработана конструкция новой коксонаправляющей машины, выполненной как единое целое с пылеулавливающим зонтом. Такими системами беспылевой выдачи кокса в Германии оснащены все новые коксовые батареи на ряде заводов.

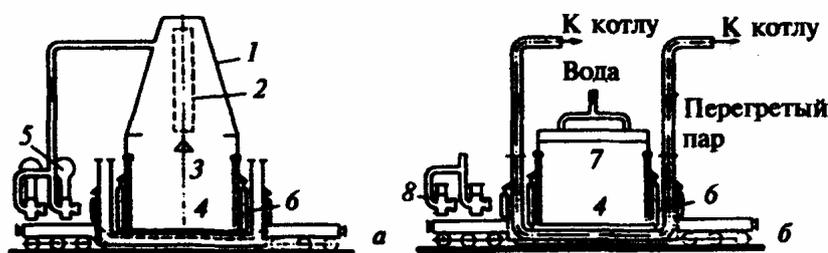
## 15.2 Пылеподавление при тушении кокса и на коксортировке

Процесс мокрого тушения кокса в его обычном аппаратном оформлении чрезвычайно сложен с точки зрения очистки выбрасываемой парогазовой смеси. В течение 1-2 мин из тушильной башни современного коксохимического завода выбрасывается в атмосферу около 20 тыс. м<sup>3</sup> водяного пара, объем которого увеличивается из-за подсоса окружающего воздуха. Использование загрязненной воды для тушения кокса приводит к увеличению выбросов вредных веществ. Так, при использовании чистой воды количество выбрасываемых в атмосферу твердых частиц составляет 0,23-1,13 кг/т кокса, а при применении сточных вод 0,68- 2,26 кг/т кокса. Удельный вынос пыли на 1 т кокса увеличивается на 0,4 г при увеличении сухого остатка в циркулирующей воде на 0,1 г/ч. Сокращение выбросов твердых частиц в процессе мокрого тушения при обычном аппаратном оформлении достигается устройством специальных каплеотбойников либо дополнительных ярусов распыления воды через форсунки.

На металлургическом заводе фирмы «Бритиш стил» в Порт-Толботе тушильная башня, выполненная из армированного бетона и футерованная плотным кислотоупорным кирпичом, заканчивается деревянной трубой с устройством для задержания твердых частиц.

На металлургическом заводе в Дуйсбург-Хукингене фирмы «Маннесманнререн-верке» коксовая батарея с печами объемом 70 м<sup>3</sup> оборудована тушильной башней, представляющей собой боковую вытяжную деревянную трубу со стальной обшивкой высотой 40 м. Площадь поперечного сечения башни в четыре раза больше площади тушения, что обеспечивает снижение скорости паров на выходе и количества выбрасываемой пыли.

Коксотушильная машина на этом заводе представляет собой короб (площадь открытой поверхности 36 м<sup>2</sup>) с массивными наружными стенками и внутренней емкостью, образованной подвесными панелями из износостойкого материала. В нижней части наклонного днища внутренней емкости имеются водопроницаемые затворы, наружные затворы коксотушильной машины закрываются герметично. Для обеспечения эффективного тушения большой (до 43 т) массы кокса в машине предусмотрена подача воды сверху и снизу. Сверху вода разбрызгивается через размещенные сбоку сопла, а снизу - через расположенные в двойном днище форсунки. Для экологической защиты за рубежом разрабатываются и внедряются принципиально новые способы мокрого тушения. В ФРГ фирмой «Эшвейлер Бергверксферайн» разработан способ тушения кокса под давлением. Система состоит из тушильного вагона, узкого зонта, соединенного с коксонаправляющей и подключенного к системе обеспыливания, и станции тушения. Когда тушильный вагон установлен для выдачи, контейнер вагона поднимается вплотную к зонту. В то же время телескопический газход, идущий от верхней части зонта, присоединяют к двум обычным скрубберам, расположенным на шасси тушильного вагона (рисунок 26). В качестве альтернативного варианта зонт может быть подсоединен к вытяжному газопроводу со стационарной обеспыливающей установкой.



1-пылеулавливающий зонт; 2-кокс из коксонаправляющей; 3-распределитель; 4-кокс; 5-чистый газ; 6-гидроцилиндры; 7-крышка с соплами; 8-скрубберы

Рисунок 26 - Схема процесса тушения кокса под давлением

Подсосы воздуха минимальны, поэтому объем отсасываемых газов может быть уменьшен на 20% от обычно отводимого в системе беспылевой выдачи типа «Министер Штайн». Расход воды на тушение составляет 0,6-0,7 м<sup>3</sup>/т кокса.

В США фирмой «Кресс» разработаны способ косвенного охлаждения кокса водой и оборудование для беспылевой выдачи. Выдача кокса из печи производится в стальной контейнер, идентичный по форме и размерам камере коксования и установленный на автомобильной платформе. По мере продвижения горячего коксового пирога из камеры коксования в контейнер производится орошение контейнера водой. По окончании выдачи и удалении выталкивающей штанги из печи скользящая дверь контейнера закрывается и производится автоматическое уплотнение его с помощью водоохлаждаемого и водозаполненного уплотнения из эластомера.

Заполненный коксом контейнер транспортируется затем от печи к тушильной станции, где он по роликам перекачивается с автомобильной платформы на специальный стеллаж, вмещающий несколько контейнеров. Процесс охлаждения кокса водой, стекающей по герметичным стенкам контейнера, продолжается здесь до тех пор, пока температура кокса не снизится ниже точки повторного воспламенения его (~ 2,5 ч). Затем контейнер с охлажденным коксом вновь перегружается на автомобильную платформу и транспортируется к модифицированной коксовой рампе, оборудованной дверью гильотинного типа с уплотнением, что предотвращает выбросы пыли в атмосферу при разгрузке кокса. Платформа наклоняет контейнер к рампе для облегчения схода кокса из него. С рампы кокс самотеком поступает на коксортировку, а пустой контейнер транспортируется для приема кокса из очередной разгружаемой печи.

Основным преимуществом этого способа является возможность получения абсолютно сухого кокса, поскольку при охлаждении он не контактирует с водой. Физическое тепло кокса передается путем конвекции водоохлаждаемым стенкам контейнера и может быть легко утилизировано для различных производственных целей. Благодаря мягкому режиму охлаждения и отсутствию промежуточных перегрузок улучшаются структурные и прочностные свойства кокса, сокращаются потери от измельчения. Полностью устраняются выбросы в атмосферу от выдачи до сортировки кокса.

Капитальные затраты на такую систему снижаются на 80%, поскольку не требуется коксонаправляющей, тушильного вагона, тушильной башни и другого оборудования, а выход кокса повышается на 12-15%. Для обслуживания каждой шести печей батареи требуется один контейнер; длительность цикла пробега несущей автоплатформы для каждой выдачи кокса составила 7,5 мин.

В промышленном масштабе эта технология внедрена на металлургическом заводе в Спарроус-Пойнте фирмы «Бетлихем Стил» (США), на двух коксовых батареях. Технология обеспечивает снижение на 90% выбросов при выдаче и тушении кокса.

При сухом тушении кокса экологические проблемы связаны с необходимостью сброса в атмосферу избыточной части циркулирующего охлаждающего газа, содержащего 8-14% СО и загрязненного коксовой пылью. Кроме того, повышается концентрация пыли на трактах коксододачи и в отделении коксортировки, в связи с чем, возникает необходимость в усиленной аспирации этих помещений и очистке большого объема вентиляционных выбросов.

Для снижения пылевыведения на коксортировке, конвейерах кокса, загрузочных устройствах доменной печи при использовании кокса сухого тушения в Японии, например, применяют орошение кокса в процессе передачи на конвейер, ведущий к доменной печи, водой в количестве 0,5% без добавления смачивателей.

В составе УСТК имеются два источника организованных выбросов в атмосферу: свеча избыточного инертного газа после дымососа и свеча, через которую выбрасываются газы, выделяющиеся из кокса в форкамере. Значительное загрязнение атмосферы этими выбросами (удельные выбросы пыли составляют соответственно 5,7-11,5 и 17,6-28,8 г/м<sup>3</sup> потушенного кокса) требует разработки мероприятий по их сокращению. Кроме пыли, выбросы свечей УСТК содержат значительное количество СО (до 5 и 18% (объемн.) соответственно из свечи дымососа и форкамеры).

Внедрение сухого тушения кокса на отечественных коксохимических заводах необходимо, прежде всего потому, что оно позволяет улучшить качество кокса в условиях непрерывно ухудшающейся сырьевой базы коксования. Однако в современном исполнении

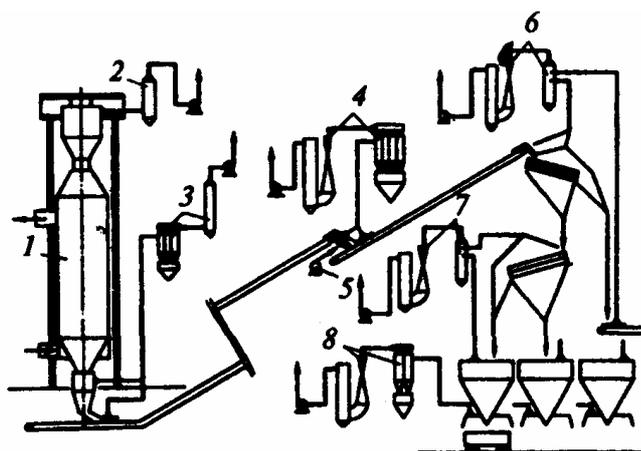
установки сухого тушения кокса выбрасывают в атмосферу большее количество вредных веществ, чем тушильные башни при мокром тушении кокса биохимически очищенной сточной водой (таблица 19).

Таблица 19 - Выбросы вредных веществ в атмосферу при сухом и мокром тушении кокса

Компонент	Удельные выбросы, г/т кокса		Коэффициент агрессивности А	Приведенные удельные выбросы (условн.)	
	при мокром тушении	при сухом тушении		при мокром тушении	при сухом тушении
Пыль	350	7100	100	95000	710000
Оксид углерода	38	1736	1	38	1736
Диоксид серы	0,6	201	16,5	9,9	3316,5
Сероводород	5	-	41,1	205,5	-
Аммиак	116	-	4,6	533,6	-
Цианистый водород	2	-	282,0	564	-
Фенол	0,5	-	310	155	-
Нафталин	2	-	64,4	128,8	-
3,4-бензпирен	$1,75 \cdot 10^{-3}$	$9 \cdot 10^{-5}$	$12,6 \cdot 10^5$	2205	113,4
Итого	514,1	9037	-	38839,8	715165,9

Однако, одним из достоинств способа сухого тушения кокса в экологическом отношении является то, что выбросы на этих установках носят организованный характер и могут быть подвергнуты очистке, благодаря чему достигается общее сокращение удельных выбросов в атмосферу при производстве кокса.

Температура кокса после УСТК достигает 150-200 °С. При транспортировании, перегрузках, грохочении такого кокса происходит интенсивное пылевыведение, поэтому технологическое оборудование снабжают аспирационными установками. Назначение аспирационных систем - создание благоприятных условий труда по содержанию вредных веществ в воздухе производственных помещений путем предотвращения выделений из неплотностей технологического оборудования. Аспирационные системы располагают в соответствии с технологической схемой УСТК и сортировки кокса сухого тушения (рисунок 27).



1-камера УСТК; 2-а.с. узла загрузки УСТК (скруббер ЦС); 3-а.с. узла выгрузки УСТК (группа циклонов ЦН, скруббер ЦС); 4-а.с. перегрузочного узла (группа циклонов, скруббер КМП); 5-дутьевой вентилятор станции обеспыливания кокса; 6-а.с. валкового грохота (коллектор ВК, скруббер КМП); 7-а.с. инерционного грохота (коллектор ВК, скруббер КМП); 8-а.с. узла погрузки кокса в вагоны (группа циклонов ЦН, скруббер КМП)

Рисунок 27 - Схема аспирационных систем (а.с.) УСТК и коксортировки (ОАО «НТМК»)

В состав аспирационных систем включают сухие и мокрые пылеуловители. При выгрузке горячего кокса из камер УСТК выделяется много пыли, поэтому обычно применяют двухступенчатую схему очистки. В качестве первой степени используют группы циклонов типа ЦН-15, имеющие достаточно высокую эффективность пылеулавливания (87-97%) при умеренном гидравлическом сопротивлении (0,35-1,15 кПа). На второй ступени пылеулавливания устанавливают скрубберы ЦС-ВТИ. Фактическая степень улавливания пыли в них - от 60 до 90% и определяется в основном расходом орошающей жидкости и качеством ее распыления.

Коксовая пыль по существующей классификации может быть, как правило, отнесена к классу крупнодисперсных. Это упрощает задачу обеспыливания аспирационного воздуха сухими методами.

### 15.3 Очистка газов при производстве кокса

Наряду с очисткой вредных газовых выбросов перед выбросом в атмосферу в коксохимическом производстве большое внимание уделяют очистке коксового газа, выделяющегося в процессе получения кокса и широко используемого в качестве топлива.

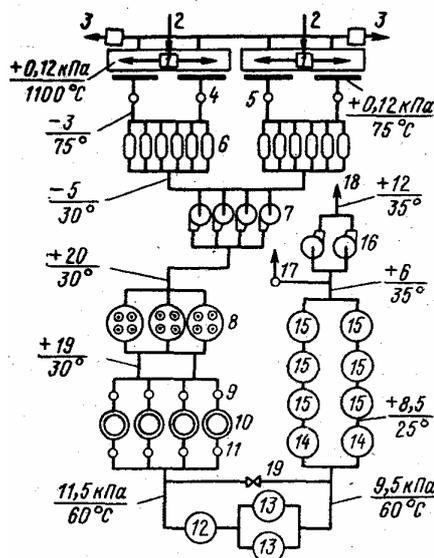
Коксовый газ образуется при коксовании угля в результате термического разложения последнего при повышении температуры до 1350-1370 °С и является побочным продуктом при производстве кокса.

В результате осреднения выход кокса и коксового газа из батареи, состоящей из 60-70 печей, получается практически равномерным.

Прямой коксовый газ проходит обязательную обработку, в процессе которой конденсируются пары смол и воды, а также улавливаются аммиак и бензолные углеводороды. После такой обработки газ называется обратным и его используют в основном для сжигания в качестве топлива как самостоятельно ( $Q^p_n \sim 16 \text{ мДж/м}^3$ ), так и в смеси с доменным.

Выход коксового газа колеблется в пределах 400-450 м<sup>3</sup>/т получаемого кокса.

Схема очистки коксового газа, широко применяемая на металлургических заводах, показана на рисунке 28.



1-коксовая батарея; 2-подача шихты; 3-выдача кокса; 4-газосборники; 5-сепаратор; 6-первичные холодильники; 7-эксаустеры; 8-электрофилтры; 9-подогреватели паровые; 10-аммиачные скрубберы; 11-кислотные ловушки; 12-улавливание цианистого водорода; 13-сероочистка; 14-вторичный холодильник; 15-бензолные скрубберы; 16-газодувки; 17-атмосферный клапан; 18-газ к потребителю; 19-байпас

Рисунок 28 - Принципиальная схема очистки коксового газа

Из стояков коксовых печей газ отсасывается в коллекторы-газосборники, расположенные вдоль коксовой батарей, где при транспортировании орошается вспыскиваемой в газосборники надсмольной аммиачной водой с помощью форсунок, расположенных по всей длине газосборника. При этом происходит охлаждение газа с 700-800 до 90-95 °С, выпадение 60-65% имеющихся в нем смол и насыщение его водяными парами. Смесь газа, воды и смолы из газосборника направляется в сепараторы для отделения газа от жидкости и в осветлители для разделения смолы и воды. Отделенная от смолы вода поступает на градирни для охлаждения, а затем снова используется для орошения газосборника.

Из сепаратора газ направляют в первичные холодильники, в большинстве случаев трубчатые, где происходит его дальнейшее охлаждение до 25-49 °С для более полного выделения из него смол. Содержание их в газе после первичных холодильников не превышает 3-6 г/м<sup>3</sup>.

После газовых холодильников коксовый газ поступает к эксгаустерам, обеспечивающим преодоление сопротивлений газового тракта и распределение газа по потребителям. Для этого напор, создаваемый эксгаустерами, должен быть равен 30-40 кПа при производительности 40 000-8 000 м<sup>3</sup>/ч и скорости вращения 3500-4500 об/мин. За счет центробежных сил в эксгаустере происходит дальнейшее отделение смол, содержание которых в газе после эксгаустера обычно не превышает 0,5 г/м<sup>3</sup>.

Для полного освобождения газа от капель воды, смол и некоторых других компонентов на современных заводах после эксгаустеров устанавливают электрофилтры, что весьма благоприятно влияет на последующую очистку газа.

Полностью освобожденный от капель воды и смол газ поступает в форсуночные скрубберы-абсорберы сульфатного отделения, где при помощи промывки скруббера серной кислотой из газа улавливается аммиак. Получаемый сульфат аммония используют в качестве удобрения.

В целях улучшения улавливания аммиака перед скрубберами газ подогревают до 70 °С с помощью паровых подогревателей. После скрубберов устанавливают кислотные ловушки для улавливания капель серной кислоты, унесенных потоком газа из скрубберов.

Далее газ проходит конечные газовые холодильники, в которых температура его вновь снижается до 25-30 °С, что требуется для последующего улавливания бензолов. Конечные холодильники представляют собой скрубберы, в которых газ охлаждается промывкой его мелко разбрызганной водой. Наряду с охлаждением вода поглощает и оставшийся в газе нафталин, содержание которого перед конечными холодильниками около 2г/м<sup>3</sup>. Охлажденный и очищенный от смолы, аммиака и нафталина, газ поступает в бензольное отделение, где проходит через три последовательно соединенных бензольных насадочных скруббера, орошаемых соляровым или каменноугольным маслом, абсорбирующим бензолы и остатки нафталина. Отработанное масло регенерируется и используется повторно. В случае небаланса вырабатываемого и потребляемого коксового газа его избытки сбрасываются через перепускной клапан в атмосферу.

При подаче коксового газа на бытовые нужды или при использовании его для нагрева специальных сортов стали возникает необходимость очистки газа от сероводорода. В некоторых случаях требуется удаление из газа цианистого водорода. Для этого в газовый тракт приходится включать специальные установки, обеспечивающие улавливание этих компонентов.

В этих, а иногда и других случаях, давление, создаваемое эксгаустером, оказывается недостаточным и для транспортирования приходится сооружать дополнительные бустерные станции с газодувками, обеспечивающими подачу газа наиболее удаленным потребителям.

## **Лекция 16 Защита окружающей среды от вредных воздействий агломерационного производства и производства окатышей**

16. 1 Защита атмосферы от вредных выбросов агломерационного производства и производства окатышей

16.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами агломерационного производства

16.3 Уменьшение выбросов агломерационного производства технологическим путем

### **16.1 Защита атмосферы от вредных выбросов агломерационного производства и производства окатышей**

Основная доля загрязнений атмосферного воздуха в черной металлургии приходится на агломерационное производство.

Источниками загрязнений воздушного бассейна являются агломерационные ленты, барабанные и чашевые охладители агломерата, обжиговые печи, узлы пересыпки, транспортировки, сортировки агломерата и компонентов, входящих в состав шихты для приготовления агломерата (руды, кокса, коксика, известняка и других материалов). Пылевыделение происходит на агломерационных машинах, в охладителях агломерата, аспирационных системах дробилок, грохотов и бункерах погрузки агломерата. Суммарное выделение пыли составляет более 11 кг на 1 т агломерата.

Сверху агломерационная лента имеет укрытие. После розжига шихты сквозь нее просасывают воздух, насыщающийся соединениями углерода, серы и другими веществами, образовавшимися при взаимодействии кислорода воздуха с раскаленной шихтой. Газ увлекает с собой также большое количество пыли — до 2-6 г/м<sup>3</sup>, в состав которой входят: до 26% FeO; до 65% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; до 3% CaO.

Пройдя сквозь слой шихты, газ поступает через вакуум-камеры в коллектор, имеющийся под агломерационной машиной по всей ее длине. Часть пыли осаждается в этом коллекторе. Так как степень очистки газа от пыли в нем недостаточна, газ подвергается дальнейшей очистке, а затем выбрасывается в атмосферу через высокую трубу для рассеивания не уловленных примесей.

В агломерационном производстве подвергаются очистке:

-газы агломерационных машин (в них содержится до 7 кг пылевых выбросов на 1 т агломерата);

-выбросы охладителей агломерата и возврата (в газах после барабанных охладителей содержится до 1,2 кг пылевых выбросов на 1 т агломерата);

-выбросы обжиговых печей; вентиляционные выбросы дробилок измельчения, грохотов, бункерных устройств, транспортеров.

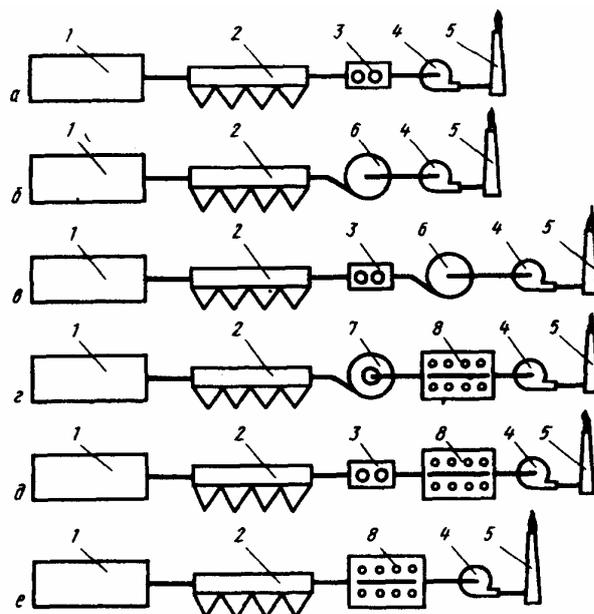
Существующие схемы очистки агломерационных газов от пыли показаны на рисунке 29. Наиболее эффективна очистка агломерационных газов в батарейных циклонах с последующей очисткой в центробежных скрубберах, трубах Вентури, циклонах и блоке из низконапорных труб Вентури, а также в электрофильтрах.

Недостатком мокрых пылеуловителей является необходимость создания водно-шламового хозяйства, трудность утилизации уловленной в виде шлама пыли. В связи с этим наиболее целесообразно применение сухих горизонтальных электрофильтров, степень очистки газов в которых высокая: остаточная запыленность газов 0,1 г/м<sup>3</sup>.

Батарейные циклоны для очистки газов от агломерационных машин недостаточно эффективны: степень очистки от пыли в них составляет 60-70%. Следует отметить, что в случае применения батарейных циклонов сильно изнашиваются циклонные элементы, роторы эксгаустеров (из-за высокой запыленности очищаемых газов), отмечаются большие подсосы воздуха.

В агломерационный газ переходит более 90% серы в виде диоксида, концентрация которого в зависимости от содержания серы в шихте колеблется в пределах 0,1 ÷ 25 г/м<sup>3</sup>. Для улавливания серы из отходящих газов при спекании высокосернистых руд за агломерационной машиной располагают сероулавливающие установки. Они состоят из дымососа, полого скруббера, циркуляционного сборника, в который подается свежая известняковая суспензия, циркуляционных насосов, фильтров для отделения от суспензии твердых включений. Основной аппарат системы сероулавливания – полый скруббер,

представляющий собой вертикальную башню диаметром 6,3 м и высотой 20 м. Эффективность очистки газов от диоксида серы составляет 85-90%.



а - в батарейном циклоне; б - в мокром прутковом центробежном скруббере; в - в батарейном циклоне и центробежном скруббере; г - в циклоне и электрофилтре; д - в батарейном циклоне и электрофилтре; е - в электрофилтре;

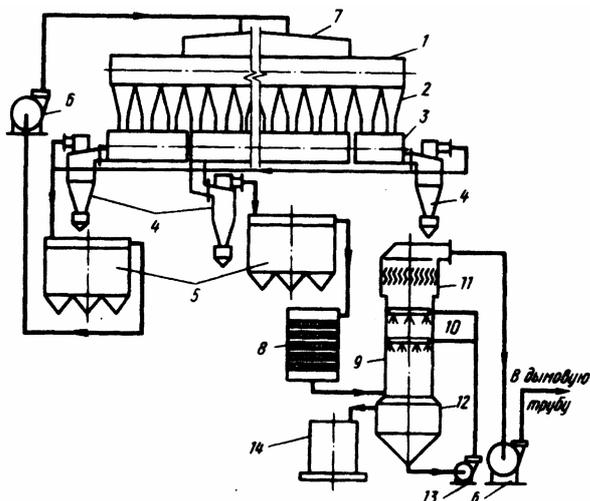
1-агломерационная машина; 2-коллектор; 3-батарейный циклон; 4-дымосос; 5-дымовая труба; 6-центробежный скруббер; 7-циклон; 8-электрофилтр

Рисунок 29 - Схемы очистки газов, отходящих от агломерационных машин

Разработаны схемы обеспыливания агломерационного газа с одновременной очисткой от диоксида серы и утилизацией уловленной пыли, из которой предварительно десорбируется уловленный диоксид серы путем нагрева.

Основанная на этом принципе система очистки агломерационных газов включает: дробление и размол известняка в шаровых мельницах мокрого помола и приготовление водно-известняковой суспензии. Суспензию мелкой фракции известняка подают на циркуляционный сборник, а с крупными частицами и кусками известняка и продуктов его реакции с диоксидом серы - в сборник для уменьшения пересыщенности ее солями кальция путем нагрева при перемешивании и подщелачивании. После отстаивания и фильтрации (на фильтр-прессе) пастообразный продукт подсушивают и складывают, а затем отправляют потребителям. Такой процесс является практически безотходным, так как позволяет использовать образующийся шлам в сельском хозяйстве (для удобрения бедных серой или раскисления почв). Осветленную воду из сгустителя и фильтрат из фильтр-пресса используют при приготовлении свежей известняковой суспензии. При этом газы, отводимые от головной и хвостовой частей агломашины, должны очищаться от пыли сухими методами с применением электрических или тканевых фильтров с каталитическим окислением оксида углерода, для чего используется палладийсодержащий катализатор.

Разрабатывается схема комплексной очистки агломерационных газов, согласно которой газы из центральных вакуум-камер очищаются от  $SO_2$  и пыли в полых скрубберах, а газы из первых и последних вакуум-камер подвергаются очистке от пыли и каталитическому окислению, после чего оба потока смешиваются. Схема комплексной очистки агломерационных газов от пыли и оксида углерода сухим способом и от  $SO_2$  абсорбцией представлена на рисунке 30.



1-агломерационная лента; 2-вакуум-камеры; 3-газовый коллектор; 4-циклон для грубой очистки от пыли; 5-электрофильтр; 6-дымосос; 7-укрытие; 8-аппарат с контактными блоками; 9-полый скруббер; 10-коллекторы с оросительными форсунками; 11-каплеуловитель; 12-сборник поглотителя; 13-циркуляционный насос; 14-сборник отработанного поглотителя

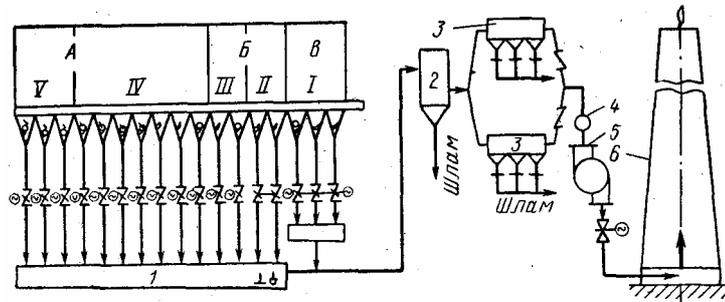
Рисунок 30 - Схема комплексной очистки агломерационных газов

На изменение выделения  $\text{SO}_2$  по длине агломерационной машины и связывание серы в шихте можно влиять путем добавки флюсующих присадок - извести, марганцевой руды, оксида магния, т.е. путем повышения основности шихты. Таким образом, можно уменьшить до минимума количество вредных выделений и валовые выбросы газов, поступающих на химическую очистку.

Существенными источниками пыли и вредных газов на аглофабриках являются дробильно-сортировочное и транспортное оборудование главного корпуса и отделений подготовки шихты. Для предотвращения загрязнения воздуха рабочих зон все это оборудование имеет специальные укрытия, из которых производится отсос воздуха. Это называется аспирационной вентиляцией. Аспирационный воздух от мест загрузки шихты в окомкователь, дробилки, грохота, пересыпки агломерата на конвейер, укрытия хвостовой и головной части линейного охладителя смешивается в общем коллекторе и подвергается очистке в вертикальных электрофильтрах. Установка электрофильтров на агломерационных машинах приводит к снижению запыленности до  $80 \text{ мг/м}^3$ . В известково-обжигательном цехе снижение выбросов достигается в результате применения двухступенчатой очистки выбросов от пыли: в циклонах и электрофильтрах. Уловленная пыль передается с помощью пневмотранспортера на переработку.

На агломерационных фабриках предусматривается пылеподавление на первичных и усреднительных складах гидрообеспыливанием. Процесс гидрообеспыливания материалов при их разгрузке осуществляется с изолированного поста управления вагоноопрокидывателем. Пылеподавление на автодорогах и территории аглофабрик осуществляется поливом дорог и территории, устройством газонов и посадкой зеленых насаждений.

При транспортировке агломерат крошится. Для придания ему прочности измельченную руду подвергают окомкованию, для чего её увлажняют, смешивают со связующим материалом и получают шарики-окатыши. После обжига они являются отличным сырьем для доменных и сталеплавильных печей, используются в процессе прямого восстановления железа. Их можно подвергать металлизации (увеличение степени металлизации шихты на 1% приводит к снижению расхода кокса, а следовательно, и уменьшению пыле- и газовых выбросов).



1-коллектор грязного газа; 2-пылеуловитель грубой очистки; 3-электрофильтры; 4-коллектор чистого газа; 5-эксгаустер; 6-дымовая труба; I-V - секции

Рисунок 31 - Схема установки электрофильтров для очистки отходящих газов машин обжига окатышей

Процесс обжига окатышей сопровождается значительным выделением пыли и газов. С  $1\text{ м}^2$  площади обжиговой машины выделяется до  $100\text{ м}^3$  запыленных газов в минуту. Основная масса пыли находится в коллекторе неочищенного газа: на выходе из него газы содержат пыли  $4\text{--}5\text{ г/м}^3$ , что соответствует  $13\text{ кг/т}$  окатышей. Для очистки газов обжиговой машины применяются различные аппараты и системы (рисунок 31): батарейные циклоны, сухие пластинчатые горизонтальные электрофильтры, низконапорные трубы Вентури и центробежный скруббер, сухие центробежные циклоны.

Газы аспирационных систем от мест транспортировки шихты, подготовки к окомкованию, складированию, погрузки очищаются от пыли в циклонах, рукавных фильтрах, мокрых пылеуловителях.

## 16.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами агломерационного производства

В агломерационном производстве воду расходуют на увлажнение руды, охлаждение оборудования, очистку отходящих газов, очистку вентиляционного воздуха и т.д. Общий расход воды на  $1\text{ т}$  агломерата составляет  $3,5\text{--}7,0\text{ м}^3$  (в том числе  $3\text{--}5\text{ м}^3$  воды загрязняется ферромагнитными примесями).

Состав сточных вод аглофабрик зависит от состава шихты, поступающей на спекание, системы мокрой очистки газов агломерационных машин и обжигowych печей известняка, схемы водоснабжения. Сточные воды содержат: хлориды, сульфиды, кальций, магний, гидратную щелочь, железо, оксиды кальция, углерод. Содержание взвешенных частиц в сточных водах аглофабрик колеблется в пределах  $12\text{--}20\text{ г/л}$ . В них содержится до  $7\%$  ферромагнитных шламов, представляющих собой смесь руды и известняковой пыли. Грубодисперсность шламов определяет достаточно высокие скорости выпадения взвешенных частиц ( $10\text{--}80\text{ мин.}$ ). В цехах окомкования загрязненные сточные воды образуются при гидротранспортировке пыли, уловленной в очистных аппаратах, просыпи от обжигowych машин и пылевых мешков, взмучивания осадка в зумпфах (емкостях для сбора гидросмеси), мокрой уборке помещения.

Для очистки сточных вод аглофабрик в основном применяются процессы отстаивания (осветления). Осветление сточных вод осуществляется в радиальных отстойниках или аппаратах гидроциклонного типа. Удельная нагрузка на радиальный отстойник составляет  $0,6\text{--}0,7\text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ . Для интенсификации процесса осветления применяют синтетические флокулянты (служат для укрупнения механических примесей), в частности полиакриламид. Для увеличения нагрузки на радиальные отстойники до  $2\text{--}3\text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$  его применяют в количестве  $2\text{ мг/л}$ .

На аглофабриках в настоящее время действуют системы оборотного водоснабжения с подпиткой систем свежей водой, что исключает сброс загрязненных стоков в природные водные бассейны.

### **16.3 Уменьшение выбросов агломерационного производства технологическим путем**

Снижение вредных выбросов аглофабрик достигается: интенсификацией процесса агломерации; применением оптимальных конструктивно-компоновочных решений; сокращением трактов транспортировки и перегрузки пылящих материалов; укрупнением единичной мощности оборудования с максимальной его герметизацией; увеличением высоты спекаемого слоя агломерационной шихты; подогревом шихты перед спеканием паром, горячим возвратом или горячим воздухом; введением в шихту извести; обогащением воздуха, подаваемого в шихту, кислородом и его предварительным подогревом; повышением мощности эксгауэтеров (отсасывающих вентиляторов); спеканием под давлением или в вакуумно-дутьевом режиме, когда часть дефицитного кокса заменяется другими видами топлива.

Повышение слоя агломерационной шихты на каждые 100 мм обеспечивает экономию около 6 кг кокса на 1 т агломерата.

Основное направление интенсификации агломерационного производства – увеличение площади спекания агломерационных лент (например, на Ясиноватской агломерационной фабрике работают агломашины с площадью спекания 650 м<sup>2</sup>). Это требует установки более мощных эксгауэтеров, что приводит к увеличению разряжения в газовом тракте, а следовательно, к снижению вредных выделений.

Снижение вредных выбросов обеспечивает осуществление таких технических решений, как: усреднение шихты на складах в специальном усреднительном оборудовании; охлаждение агломерата; двустадийное дробление агломерата; применение пневмообрушения материалов в бункерах; минимальные перепады на конвейерах, транспортирующих пылящие материалы; укрытие мест пересыпок материалов с подключением укрытия к аспирационным установкам; устройство укрытия по всей длине конвейеров, транспортирующих парящий и пылящий материал; применение гидротранспорта для удаления пыли из коллекторов централизованных аспирационных систем. Большое значение имеет постоянный контроль за ходом агломерационного процесса.

В агломерационном производстве почти половина тепла, образующегося в технологическом процессе, рассеивается с горячими газами, отсасываемыми эксгауэтерами, а также с воздухом от охладителей агломерата. Это тепло необходимо возвращать в производственный процесс: путем использования горячих газов в зажигательном горне агломерационной машины или для сушки верхнего слоя шихты перед зажиганием. При этом уменьшается количество вредных выбросов в атмосферу, снижается объем работ на газоочистке.

Использование теплоты отходящих газов агломашин для предварительного подогрева шихты, а также подогрева воздуха и получения пара приводит к экономии 15-18% энергии, расходуемой на агломерацию, а главное позволяет снизить степень загрязнения окружающей среды.

Предусматривается утилизация железосодержащих шламов, извлекаемых из сточных вод аглофабрик. Для этого может быть использована следующая схема: сортировка составляющих шлама по крупности на напорных гидроциклонах, сгущение шлама, фильтрация на дисковых и ленточных вакуум-фильтрах, термическая сушка в барабанах до окончательной влажности шлама 6-8%.

### **Лекция 17 Защита окружающей среды от вредных воздействий доменного производства**

17.1 Защита атмосферы от вредных выбросов доменного производства

17.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами доменного производства

17.3 Уменьшение вредных выбросов доменного производства технологическим путем

## 17.1 Защита атмосферы от вредных выбросов доменного производства

Доменное производство характеризуется наличием организованных и неорганизованных выбросов вредных газов и пыли в атмосферу. При работе доменной печи в результате сгорания кокса и осуществления восстановительных процессов образуется доменный (колошниковый) газ; его состав зависит от состава шихты и различается по предприятиям.

Доменный, или колошниковый, газ является побочным продуктом доменного производства. Это низкокалорийный газ, содержащий около 30-35% горючих составляющих и большое количество балласта (азот и углекислота). Поэтому использование его в высокотемпературных печах затруднено, а передача на значительные расстояния экономически невыгодна.

Для интенсификации доменного процесса и сокращения расхода кокса существует много различных мероприятий, влияющих и на свойства доменного газа: повышение давления, температуры и влажности доменного дутья, обогащение дутья кислородом, вдувание в горн природного газа, мазута и т.п. В результате совокупного действия этих факторов, в составе доменного газа повышается содержание водорода с одновременным уменьшением  $\text{CO}$ , вследствие чего теплота сгорания его изменяется мало, и составляет около  $3500-4000 \text{ кДж/м}^3$ , а выход доменного газа снижается с  $3800-4000$  до  $2000-2500 \text{ м}^3/\text{т}$  чугуна.

В среднем доменный газ содержит: 3,5-6,5% водорода; 0,1-0,4% кислорода; 0,1-0,5% метана; около 55% азота; 25-32% оксида углерода; 10-11% диоксида углерода; значительное количество пыли. На каждую тонну получаемого чугуна образуется около 2 тыс.  $\text{м}^3$  доменного газа. Он является все же достаточно хорошим топливом, и после очистки от пыли используется в самом доменном цехе для отопления воздухонагревателей; им также отапливают мартеновские печи, коксовые батареи, нагревательные колодцы (для нагрева слитков перед прокаткой) и другие объекты. Поэтому основное количество доменного газа не поступает в атмосферу. Температура доменного газа на выходе из печи составляет обычно  $300-350 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Помимо санитарной очистки газовых выбросов перед выпуском их в атмосферу, в доменном производстве первостепенное значение имеет очистка технологическая. Во избежание засорения горелочных устройств и образования отложений в газопроводах доменный газ предварительно должен быть очищен от пыли.

Доменный газ, образующийся в печи, всегда загрязнен колошниковой пылью, которая представляет собой смесь мелких частиц руда, кокса, агломерата, известняка и других материалов, загружаемых в доменную печь. Пыль образуется в результате механического измельчения материалов при их приготовлении, транспортировании, загрузке и истирании при движении в шахте печи.

Вынос пыли из печи обусловлен увлечением мелких частиц потоком газа, проходящим сквозь слой шихты, а также возгонкой некоторых элементов шихты, в области высоких температур и подмешиванием их к газу.

При работе доменных печей с нормальным давлением на колошнике вынос пыли составлял  $50-60 \text{ г/м}^3$ , повышаясь в отдельных случаях до  $100 \text{ г/м}^3$ . При переводе печей на работу с повышенным давлением на колошнике запыленность доменного газа уменьшалась до  $15-20 \text{ г/м}^3$ , что в значительной мере объясняется снижением удельных объемов и скоростей газа в печи.

Удельный выход пыли на 1 т чугуна составляет при нормальном давлении на колошнике  $50-150$ , при повышенном давлении  $25-75 \text{ кг/т}$ .

При выплавке передельного чугуна и работе с повышенным давлением на колошнике пыль имеет следующий химический состав, %:  $6,02 \text{ FeO}$ ;  $12,9 \text{ Fe}_2\text{O}_3$ ;  $13,8 \text{ Fe}_{\text{общ}}$ ;  $14,6 \text{ SiO}_2$ ;  $4,35 \text{ Al}_2\text{O}_3$ ;  $4,35 \text{ MgO}$ ;  $11,85 \text{ CaO}$ ;  $0,74 \text{ S}$ ;  $3,75 \text{ MnO}$ . Потери при прокаливании составляют  $27,68\%$ .

Гранулометрический состав пыли также зависят от многих факторов, и может сильно колебаться. О примерном распределении частиц по размерам можно судить по следующим данным:

Размер частиц, мкм	200	200-100	100-60	60-20	20-10	10-1	<1
Массовое содержание, %	34,5	12,3	19,0	25,0	7,5	1,65	0,05.

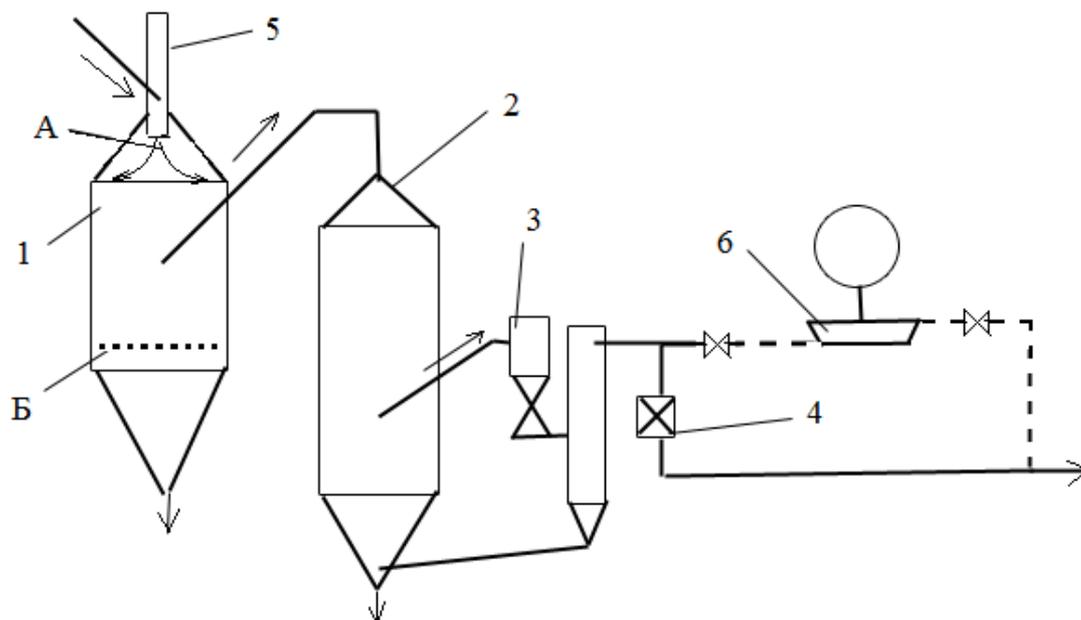
Доменный газ подвергается многоступенчатой очистке от пыли:

-грубой – в сухих пылеуловителях до содержания пыли в газе не более  $3-10 \text{ г/м}^3$ ;

-полутонкой – в мокрых пылеуловителях (обычных скрубберах и скрубберах Вентури) до содержания пыли в газе не более  $0,5 \text{ г/м}^3$ ;

-тонкой – в дроссельной группе или мокрых трубчатых электрофильтрах до содержания пыли менее  $10 \text{ мг/м}^3$ .

Наиболее распространен мокрый способ очистки доменного газа (рисунок 32).



1 – пылеуловитель, А – завихритель, Б – разделительная решетка; 2 – малогабаритный скруббер; 3 – регулируемые трубы Вентури; 4 – устройство сухого типа с глушением шума для регулирования заданного давления газа на колошнике; 5 – отсечной клапан; 6 – ГУБТ.

Рисунок 32 - Схема мокрой очистки доменного газа

Газ из колошника доменной печи по газоходу отводится в систему газоочистки, где в сухом пылеуловителе центробежного или инерционного типа очищается от крупной пыли до концентрации  $5-10 \text{ г/м}^3$ . Затем газ охлаждается и очищается от крупной пыли в полном скруббере до содержания не выше  $2-4 \text{ г/м}^3$ . Дальнейшая очистка доменного газа осуществляется в скоростном пылеуловителе с трубами Вентури, где происходит укрупнение мелкодисперсной пыли. Крупная пыль и капли жидкости выводятся из газа в инерционном пыле- и брызгоуловителе, окончательная очистка газа от пыли до установленного содержания осуществляется в центробежном скруббере. Очищенный газ отводится в коллектор чистого газа, откуда подается потребителю.

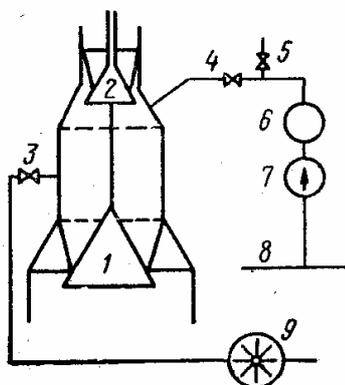
Источником поступления пыли в окружающую среду являются также вентиляционные газы, отбираемые из подбункерных помещений доменных цехов. Эти газы содержат пыль в количестве  $2-5 \text{ г/м}^3$ , для очистки от которой в основном используются электрофильтры. Они снижают содержание пыли в выбрасываемых газах до  $60-80 \text{ мг/м}^3$ . Выбросы литейного двора, содержащие пыль и газы ( $\text{CO}$  и  $\text{SO}_2$ ), также очищаются в электрофильтрах; эффективность пылеулавливания составляет 93-96%.

При работе загрузочного устройства доменной печи возникает необходимость перед открыванием конусов устранить разность давлений в подконусном и надконусном пространствах. Для этого газ, содержащийся в межконусном пространстве, выбрасывают в атмосферу. Такой выброс при нормальной работе печи происходит за небольшой промежуток времени (4-6 с); при изношенном большом конусе периодичность выбросов

достигает примерно 20 раз в час. Выбрасываемый газ содержит большое количество пыли (в среднем  $250 \text{ г/м}^3$ ), а также пары воды. Водяной пар постоянно подают в межконусное пространство печи для предотвращения взрыва доменного газа при его выбросе в атмосферу.

Удалять пыль и вредные примеси из доменного газа, выбрасываемого из межконусного пространства, очень сложно из-за периодичности выбросов и резкого изменения давления. В настоящее время на доменных печах  $3200$  и  $5000 \text{ м}^3$  предусматриваются устройства для улавливания и очистки выбросов из межконусного пространства; такая очистка ведется в трубах Вентури.

Радикальным решением, почти полностью исключая выброс пыли из межконусного пространства, является подача в межконусное пространство в момент открытия большого конуса компримированного газа давлением, несколько превышающим давление в печи. В этом случае грязный газ из печи вообще не поступает в межконусное пространство и выхлоп газа при выравнивании давления в засыпном устройстве остается чистым. Однако при этом появляются дополнительные энергозатраты, связанные со сжатием газа, подаваемого в межконусное пространство. Схема установки по исключению выбросов из межконусного пространства доменной печи приведена на рисунке 33.



1-большой конус; 2-малый конус; 3-уравнивательный клапан; 4-редукционный клапан; 5-взрывной клапан; 6-ресивер; 7-компрессор; 8-газопровод получистого газа; 9-скруббер

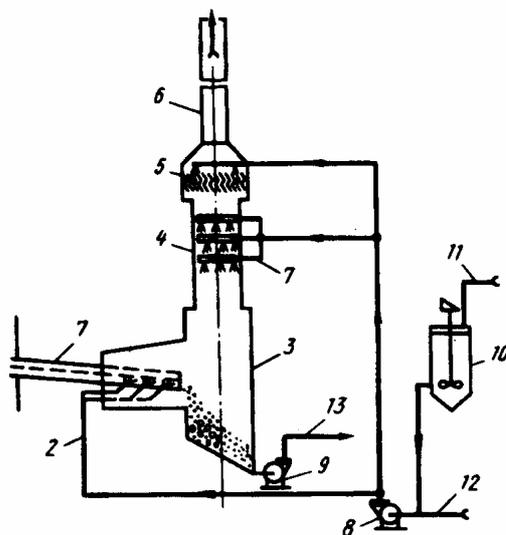
Рисунок 33 - Принципиальная схема установки по исключению выбросов из межконусного пространства доменной печи

Основная задача загрузочного устройства – обеспечить равномерное распределение загружаемых материалов, не нарушая при этом герметичности печи, иначе из неё при загрузке каждой порции шихты вырываются бы восстановительные газы. Применяются двух-, трех- и четырехконусные устройства с газоплотнительными клапанами. На крупнейших доменных печах (Новолипецкий, Криворожский металлургические комбинаты) наиболее эффективными оказались загрузочные устройства нового типа – бесконусные. Приемная воронка таких устройств перемещается и распределяет шихту слоями в промежуточные бункера-накопители; из них с помощью дозирующих клапанов шихта попадает в центральную загрузочную трубу, через неё на желоб и далее в рабочее пространство печи. Полную герметичность печи обеспечивают и специальные газоплотнительные клапаны. Применяют подвижные плиты на колошнике, позволяющие как бы изменять его диаметр и таким образом регулировать распределение шихты в процессе загрузки. При использовании таких плит расход кокса уменьшается весьма значительно – на  $10 \text{ кг/т}$  чугуна. Уменьшение расхода топлива ведет к снижению количества вредных выбросов.

Снижение вредных выбросов из загрузочного устройства доменной печи достигается за счет следующего: перед сходом шихты в печь в бункер загрузочного устройства подается азот, при этом создается давление, на  $100 \text{ Па}$  превышающее давление газа под колошником печи, в результате чего исключается переток запыленного газа из колошника в загрузочное устройство. Эффективность подавления пыли составляет  $99,6\%$ . При этом на  $87\%$  уменьшается выделение оксида углерода (из доменной печи ежедневно, кроме пыли, выделяется в атмосферу  $8-12 \text{ т}$  оксида углерода).

Новые доменные печи работают с давлением газа под колошником  $>250$  кПа, что уменьшает вынос пыли из печи почти в 2 раза. Перевод доменных печей на режим повышенного давления внес некоторые изменения в существующую технологию очистки газов. С повышением давления газа под колошником изменился гранулометрический состав выносимой из печи пыли: уменьшился размер частиц. Запыленность доменного газа при работе печи с повышенным давлением под колошником составляет 15-20 г/м<sup>3</sup>; при очистке газа печей, работающих с низким давлением, запыленность составляет 40-50 г/м.

На ряде предприятий действуют автоматизированные установки для производства товарного гранулированного шлака непосредственно у доменной печи (например, у печи объемом 5000 м<sup>3</sup> на Криворожском металлургическом комбинате). При тушении и грануляции доменного шлака в атмосферу выделяется большое количество сероводорода, сернистого и серного ангидридов. Их улавливание осуществляется известковым молоком в скрубберах и газоходах при плотности орошения 2-6 л/(с·м<sup>2</sup>). Степень очистки газов составляет 80-90%. Поглотительный раствор циркулирует в замкнутом цикле без сброса сточных вод. Разработаны более герметизированные газоочистные системы для установок воздушной грануляции шлака (в настоящее время эти системы находятся в стадии промышленного испытания). В них приготовленное в отдельной емкости известковое молоко (рисунок 34) дозируют в оборотную воду, которую затем насосами подают в гидромониторы для получения гранулированного шлака или пемзы. При этом нейтрализуется или связывается 50-70% сернистых соединений, остальную часть обезвреживают созданием водяных завес над местом тушения шлака, организацией отсоса парогазовых выделений с орошением их в абсорберах известковым молоком.



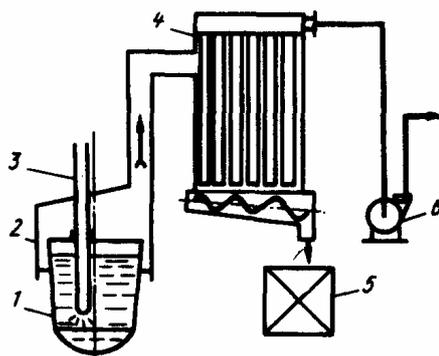
1-шлаковый желоб; 2-отработанная вода на грануляцию шлака; 3-бункер для пульпы; 4-полый скруббер; 5-каплеуловитель; 6-дымовая труба; 7-коллекторы с орошающими форсунками; 8-циркуляционный насос; 9-насос для пульпы гранулированного шлака; 10-сборник с известковым раствором; 11-подача извести; 12-подача оборотной воды; 13-отвод гранулированного шлака на обезвоживание

Рисунок 34 - Схема абсорбционной очистки газов, отходящих от установки тушения доменного шлака от сернистых соединений

Перспективным направлением очистки от вредных веществ парогазовых выбросов грануляционных установок является применение фильтров из ионообменных смол и синтетических материалов (полипропилена, лавсана), полученных иглопробивным способом.

Принципиальная схема очистки газов, образующихся в процессе внедоменной десульфурации чугуна (путем продувки жидкого чугуна воздухом или кислородом), приведена на рисунке 35. Применяют газоочистные установки сухого типа с электрофильтрами и мокрого типа с трубами Вентури. Сухой способ очистки газов наиболее

эффективен, так как уловленную в сухом виде пыль, состоящую в основном из графита, используют в литейном производстве.



1-ковш с жидким чугуном; 2-зонтик-укрытие; 3-фурма; 4-фильтр; 5-контейнер для пыли; 6-дымосос

Рисунок 35 - Схема очистки газов, образующихся в процессе десульфурации чугуна

## 17.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами доменного производства

На охлаждение доменной печи, где развиваются очень высокие температуры, расходуется огромное количество пресной воды - до  $30 \text{ м}^3$  при выплавке 1 т чугуна. В доменных цехах загрязненные сточные воды образуются при очистке доменного газа, на разливочных машинах чугуна, в газопроводах коксового и смешанного газа, при грануляции доменного шлака, гидрорубке пыли в подбункерных помещениях.

При очистке  $1000 \text{ м}^3$  газа образуется около  $4-6 \text{ м}^3$  сточных вод, содержащих пыль (частицы руды, кокса, известняка, агломерата), химические соединения (сульфаты, хлориды), а также растворенные газы. Общее количество сточных вод, образующихся от смыва просыпи и пыли, достигает  $300-360 \text{ м}^3/\text{ч}$  на каждую доменную печь.

Расход воды на одну разливочную машину чугуна составляет около  $350 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В сточных водах разливочных машин содержатся осколки застывшего чугуна, окалина, коксовая мелочь, графит, негашеная известь и известняковый шлам, что приводит к высокой степени щелочности стоков. Количество сточных вод при этом составляет 70-80% потребляемой воды.

В результате охлаждения газа в трубопроводах образуется конденсат в количестве 20-40 л на  $1000 \text{ м}^3$  газа. Конденсат из газопроводов коксового и смешанного газа содержит фенолы, цианиды, нафталин, масла, смолы, серу.

При грануляции доменного шлака расходуется до  $2 \text{ м}^3$  воды на 1 т жидкого чугуна. В сточных водах содержатся сульфаты, сероводород, хлориды.

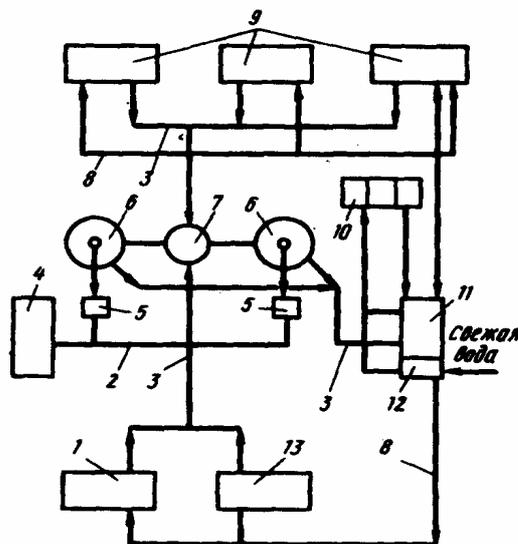
Загрязненные сточные воды доменного производства, как правило, не сбрасываются в естественные водоемы, так как используются в оборотном водоснабжении. На рисунке 36 показана одна из систем оборотного водоснабжения. Вода очищается от вредных примесей в радиальных отстойниках, охлаждается на градирнях и вновь включается в технологический цикл. Удельная нагрузка на отстойники при осветлении сточных вод достигает  $2,5 \text{ м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$ .

Для улучшения осветления воды применяют реагентные методы коагуляции, что позволяет довести нагрузку на  $1 \text{ м}^2$  поверхности отстойника до  $4 \text{ м}^3/\text{ч}$ . В качестве коагулянта используют полиакриламид, известь, железный купорос.

Осветление сточных вод после газоочистки доменного газа производится в радиальных отстойниках (обычно блок из двух или четырех отстойников с одним распределительным колодцем). Осветленная вода поступает в периферийные сборные лотки, откуда по трубопроводу отводится на насосную станцию. Осевший шлам сдвигается подвижной скребковой фермой, приводимой в движение электродвигателем, к центру отстойника и затем по всасывающим трубопроводам подается к насосам.

Очистка сточных вод разливочных машин производится в горизонтальных отстойниках; водоснабжение разливочных машин осуществляется по оборотной схеме.

Очистка сточных вод (конденсата) газопроводов коксового и смешанного газа производится в две или три ступени. После двухступенчатой очистки (механической и биохимической) сточные воды проходят доочистку на очистных сооружениях хозяйственно-фекальной канализации.



1-газоочистка электросталеплавильного цеха; 2-напорные шламоотводы в отделение утилизации шлама; 3-самотечные лотки, каналы и трубопроводы; 4-отделение утилизации; 5-шламовые насосные станции; 6-радиальные отстойники; 7-распределительные камеры; 8-напорные трубопроводы на эстакадах; 9-доменная газоочистка; 10- 3-х секционные вентиляторные градирни брызгального типа; 11-совмещенная насосная станция с установкой стабилизации; 12-отделение стабилизации; 13-газоочистка мартеновского цеха

Рисунок 36 - Схема оборотного водоснабжения газоочистки доменного и сталеплавильных цехов

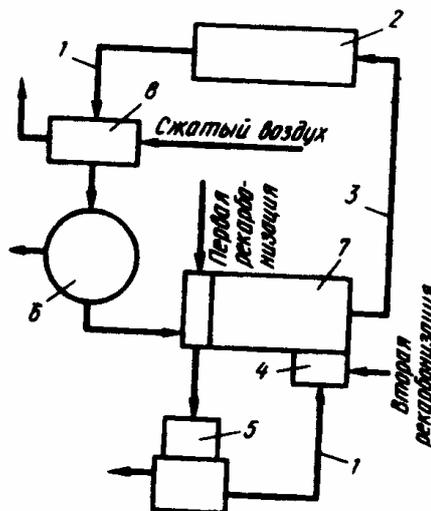
Очистка сточных вод, образующихся при грануляции шлама, гидроуборке пыли, осыпи из-под конвейеров, смыве ленты транспортера при обратном ходе и гидротранспортировке пыли от вентиляционных устройств подбункерных помещений, производится в горизонтальных отстойниках. Из отстойников шлам удаляется грейферным ковшом.

Серьезным препятствием для эффективной работы системы оборотного водоснабжения является образование карбонатных отложений  $\text{CaCO}_3$  на всех сооружениях системы, что объясняется высокой концентрацией свободной углекислоты в доменном газе, переходящей в воду в газоочистных аппаратах. Для удаления этих отложений применяются механические способы, а также гидропневматическая очистка лотков, трубопроводов и градирен. Для разрыхления отложений в оборотную воду добавляют фосфаты. Уменьшению образования отложений способствует двухступенчатая рекарбонизация оборотной воды углекислотой дымовых газов (перед градирней и после нее), причем эффект повышается в случае выдувания свободной углекислоты из отработавшей воды в аэраторе перед радиальными отстойниками (рисунок 37).

Для успешного применения рекарбонизации оборотной воды в системах водоснабжения доменных газоочисток из воды в отстойниках удаляются микрокристаллы карбонатов, чему способствуют выдувание свободной углекислоты из воды перед ее осветлением (дегазация), введение в воду дымовых газов с помощью водяного эжектора, работающего на оборотной воде.

На ряде предприятий (например, на Западно-Сибирском металлургическом комбинате) применяется единая система оборотного водоснабжения для гидроуборки помещений, гидротранспортировки осыпи от технологических агрегатов и пыли от вентиляционных систем сооружений транспортной шихтоподачи доменных печей, корпуса аглофабрики.

Основным сооружением этой системы является корпус обезвоживания, в котором стоки очищаются от шлама, а обезвоженный шлам, являющийся ценным технологическим сырьем (в нем содержится 50-60% Fe), возвращается в производство.



1-канал отработанной воды; 2-устройство для подачи воды на газоочистку; 3-водовод; 4-камера приема охлажденной и добавочной воды; 5-градирня; 6-радиальный отстойник; 7-насосная станция; 8-аэрактор

Рисунок 37 - Схема двухступенчатой рекарбонизации оборотной воды (перед градирней и после нее)

Широкое распространение получила следующая схема обработки стоков доменных цехов: шламосодержащие стоки поступают в приемный резервуар центральной пульпонасосной станции, откуда их подают в напорные гидроциклоны, а далее через распределительный бак на радиальные отстойники-сгустители, из которых вода после очистки стекает в резервуар осветленной воды и из него отдельными порциями возвращается для последующего использования. Шламы, выпавшие в осадок в сгустителе, откачиваются шламовыми насосами в приемный бак пульпы, обезвоживаются на дисковых вакуум-фильтрах и подаются на транспортер возврата.

Применяются объединенные оборотные циклы водоснабжения газоочисток доменного и сталеплавильного цехов (см. рисунок 36): шламовые стоки от газоочисток поступают самотеком в распределительные камеры, а затем в радиальные отстойники для осветления от взвешенных частиц.

### 17.3 Уменьшение вредных выбросов доменного производства технологическим путем

Количество выбросов пыли в доменном производстве, зависит от степени подготовленности сырья к плавке, прочности кокса, а также от того, насколько ровно работает печь. Большое значение имеет качество сырья, поэтому в шихте для доменной печи стараются увеличить доли окатышей и агломерата. На рудном дворе сырье усредняется по составу; для каждого сорта чугуна устанавливается определенная пропорция между рудой, окатышами, агломератом, коксом и известняком. Важно правильно уложить шихту в печи, измерить уровень засыпки, что достигается стабильной работой загрузочного (засыпного) аппарата, равномерно распределяющего материалы по окружности печи, и надежностью зондов-щупов, замеряющих уровень шихты в печи. Совершенствование технологического процесса выплавки чугуна направлено, прежде всего, на уменьшение расхода кокса, что ведет к снижению выбросов пыли и газа. Наиболее эффективным способом снижения расхода кокса является подогрев дутья до 1300 °С с дальнейшим повышением температуры до 1450 °С. К снижению расхода кокса приводят: увлажнение-осушение дутья; вдувание в

печь топлива (мазута, природного газа, измельченного до пыли недефицитного угля, каменноугольной смолы); обогащение дутья кислородом, применение комбинированного дутья (природного газа в смеси с кислородом); повышение давления газа под колошником.

Стабильная работа доменной печи зависит и от квалификации рабочих, ведущих технологический процесс.

## **Лекция 18 Защита окружающей среды от вредных воздействий ферросплавного производства**

18.1 Защита атмосферы от вредных выбросов ферросплавного производства

18.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами ферросплавного производства

18.3 Уменьшение вредных выбросов ферросплавного производства технологическим путем

### **18.1 Защита атмосферы от вредных выбросов ферросплавного производства**

Ферросплавы получают из руд или концентратов различными способами: электротермическим, алюминотермическим, продувкой углеродистых сплавов окислительными газами, вакуумированием жидких и твердых сплавов, методом смешения расплавов. В печах специальной конструкции выплавляют ферросилиций, силикомарганец, феррохром, ферромарганец, силикохром.

До недавнего времени ферросплавы получали в открытых рудно-термических (рудовосстановительных) печах, которые представляют собой электрические электродуговые печи, преимущественно с тремя электродами. В настоящее время для производства ферросплавов находят применение более перспективные закрытые ферросплавные печи (рудно-термические) с колошником, перекрытым сводом.

При получении ферросплавов, как в открытых, так и в закрытых печах образуются газы, содержащие большое количество пыли и оксида углерода (до 80% по объему). В отходящих газах находятся также цианиды, фториды, сернистые и другие весьма вредные вещества. Источниками загрязнения воздуха являются также печи для сушки и обжига шихтовых материалов. В связи с тем, что в состав отходящих газов входит много различных химических соединений, очистка их связана с большими затратами. Например, стоимость системы очистки газов закрытой печи составляет 10% от стоимости всей печной установки. Для открытой печи стоимость возрастает до 90%.

В открытых печах содержащийся в отходящем газе СО смешивается с кислородом воздуха и сгорает с образованием СО<sub>2</sub>, при этом почти полностью разлагаются цианиды, а остальные вредные вещества выбрасываются в атмосферу. В закрытых печах на 1 т получаемой продукции образуется до 400-800 м<sup>3</sup> газа, содержащего 15-30 г/м<sup>3</sup> пыли. В современных ферросплавных цехах с помощью различных пылеулавливающих систем добиваются очистки отходящих газов от пыли на 66-99,9%.

Очистке подвергаются газы, отходящие и от открытых и от закрытых электропечей.

Газы, отходящие от открытых печей, улавливают с помощью зонта, расположенного над печью. При этом вместе с газами в зонт всасывается воздух и происходит сгорание составляющих газа при смешивании их с кислородом воздуха. Образуются большие объемы (до 400 тыс. м<sup>3</sup>/ч) газо-воздушной смеси, имеющей температуру до 300 °С. Очистка газа в таком количестве требует установки газоочистки больших размеров и соответствующих эксплуатационных затрат. Кроме того, часть газа попадает в цех, загрязняя воздух рабочей зоны. Удаление такого газа происходит через фонарь. Из-за большого разбавления воздухом газ, поступающий на очистку, имеет запыленность 1-3 г/м<sup>3</sup>. Очистку газов от открытых ферросплавных печей осуществляют в тканевых фильтрах, скоростных пылеуловителях с трубами Вентури и электрофильтрах. На большинстве открытых электропечей небольшой мощности работают батарейные циклоны с элементами диаметром 250 мм и эффективностью 50-80%. Более совершенны 2-х ступенчатые схемы очистки. Ввиду

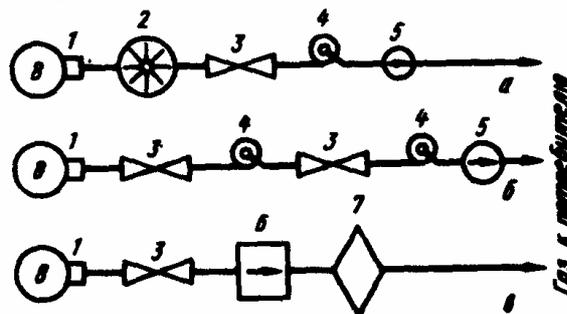
большого электрического сопротивления пыли сухие фильтры работают неустойчиво; в зарубежной практике используют и мокрую очистку.

Закрытые ферросплавные печи имеют свод с отверстиями для прохода электродов и воронки для подачи шихты. Отвод газов из закрытой печи осуществляется через отверстие в своде и газоотводные стаканы, количество которых может быть от 2 до 6 в зависимости от мощности печи, ее конструкции и марки выплавляемого ферросплава. Основной составляющей газа является CO, в среднем 70-90%. Бóльшее содержание CO соответствует выплавке кремнистых сплавов, меньшее - выплавке углеродистого феррохрома. Кроме того, в газе содержится, %: 2-19 CO<sub>2</sub>, 2-11 H<sub>2</sub>, 0,3-5,0 CH<sub>4</sub>, 0,1- 4,0 N<sub>2</sub>, 0,2-2,0 O<sub>2</sub>. Горючую часть газа составляют CO, H<sub>2</sub> и CH<sub>4</sub>, в небольшом количестве имеются SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S и другие компоненты, приводящие к коррозии газового тракта, аппаратов пыле- и газоочистки и шламового хозяйства. Температура газа может быть от 400 до 1150 °С.

Пыль состоит из SiO<sub>2</sub>, CaO, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и др. компонентов; содержание этих составляющих меняется в зависимости от типа сплава и состава шихты. Запыленность газа 15-40 г/м<sup>3</sup>. 65-80% частиц пыли имеют размерность менее 5 мкм и 98% - менее 10 мкм.

Основная масса газа (до 85%) выводится на очистку, в цех попадает небольшая его часть. Из цеха газ удаляется через фонарь.

От пыли газ очищают мокрыми и сухими способами. При мокрых способах применяются группы скрубберов Вентури и рукавные фильтры с использованием тканей повышенной термостойкости. Электрофильтры применяют реже, так как удельное электрическое сопротивление сухой пыли более 10<sup>11</sup> Ом·см.



а - с форсуночным скруббером и скруббером Вентури; б - с двумя скрубберами Вентури, работающими последовательно; в - с вакуумным насосом;

1-наклонный газоход; 2-скруббер; 3-скруббер Вентури; 4-каплеуловитель; 5-вентилятор;

6-вакуумный насос; 7-инерционный водоохладитель; 8-ферросплавная печь

Рисунок 38 - Схемы очистки от пыли газов закрытых ферросплавных печей

Газы, отходящие от закрытых электропечей, очищаются в две ступени (рисунок 38, а): первая ступень - полый скруббер, вторая - высоконапорный скруббер Вентури. Иногда вместо полого скруббера применяется низконапорный скруббер Вентури (рисунок 38, б), а вместо вентиляторов - водокольцевые вакуумные насосы (рисунок 38, в), за которыми устанавливаются инерционные каплеуловители.

Из газоотводного стакана газ поступает на газоочистную установку, которая на современных предприятиях выполняется по одной из трех схем: 1) наклонный орошаемый газоход - труба Вентури - каплеуловитель; 2) наклонный орошаемый газоход - труба Вентури (низконапорная) - труба Вентури (высоконапорная) - каплеуловитель; 3) наклонная труба Вентури (низконапорная) - труба Вентури (высоконапорная) - каплеуловитель.

Отсос газов из печи осуществляется центробежными газодувками или вакуум-насосами. Для стабилизации степени очистки газа применяются различные конструкции труб Вентури с регулируемым сечением горловины. Концентрация пыли в очищенном газе 30 мг/м<sup>3</sup>.

Газ после очистки либо используется в качестве топлива, либо выбрасывается в атмосферу с дожиганием.

Из-за высокой взрывоопасности СО отвод газа из печи осуществляется при небольшом избыточном давлении под сводом (1-5 Па), а газоотводящий такт и систему газоочистки делают герметичными. Из каждого газоотводящего патрубка газ отводят на отдельную газоочистку; имеется возможность отключения каждой из них на случай ремонта без остановки печи.

Для закрытых ферросплавных печей разработан метод очистки газов с применением ионообменных фильтров, в качестве которых служат гранулы или волокнистый материал. Сухая очистка газов закрытых печей в РФ пока еще редко применяется, но за рубежом работают установки по очистке газов в тканевых фильтрах с предварительным охлаждением газов.

За рудно-термическими печами в ферросплавном производстве устанавливают газоочистки, в которых процесс очистки протекает в полых скрубберах при противотоке газов и известкового молока. При скорости газов в скруббере 2-5 м/с обеспечивается степень очистки газов более 95%. Отработанную суспензию фильтруют на автоматических фильтр-прессах. Воду возвращают на приготовление суспензии, а шлам после подсушки используют в качестве добавок к сырью.

Разработан способ каталитической очистки газов с применением промышленных катализаторов, используемых в производстве серной кислоты. Метод предусматривает получение серной кислоты окислением  $\text{SO}_2$  до  $\text{SO}_3$  кислородом, содержащимся в отходящих газах, в присутствии ванадиевого катализатора. Влага, выделяющаяся при охлаждении газов, поглощает серный ангидрид, в результате чего образуется разбавленная серная кислота, которую используют для травления металлов.

Наиболее перспективным является способ обеспыливания газов открытых электропечей в тканевых фильтрах повышенной термостойкости, обеспечивающих конечную запыленность газа до  $30 \text{ мг/м}^3$  при наименьших эксплуатационных затратах по сравнению с другими типами газоочистки. Очистка газов в тканевых фильтрах позволяет использовать уловленную пыль, что особенно важно при выплавке ценных ферросплавов.

Сложным вопросом является очистка газов при производстве высококремнистого ферросилиция. В связи с мелкодисперсностью пыли и большими объемами отходящих газов (до 250-350 тыс.  $\text{м}^3$ ) требуются значительные затраты энергии на их очистку в трубах Вентури, а также большое водно-шламовое хозяйство. Кроме того, мокрая очистка вызывает коррозию оборудования (из-за наличия кислородных соединений серы в газе). Электрофильтры для очистки газов открытых печей требуют меньших энергетических и эксплуатационных затрат по сравнению с трубами Вентури, однако пыль ферросилициевых печей при температуре ниже  $260 \text{ }^\circ\text{C}$  имеет высокое удельное электрическое сопротивление (до  $1,2 \cdot 10^{13} \text{ Ом}\cdot\text{см}$ ), что затрудняет эффективность улавливания. Для увлажнения пыли с целью снижения ее электрического сопротивления требуется сооружение испарительного скруббера больших размеров, но и при этом удельное сопротивление пыли ферросилиция снижается на незначительную величину, что не позволяет достичь требуемой очистки газов. Очистка газов от ферросилициевой пыли до остаточной запыленности  $100 \text{ мг/м}^3$  осуществляется в мокрых электрофильтрах, однако такой электрофильтр требует очистки значительного количества загрязненных сточных вод:  $100 \text{ м}^3/\text{ч}$  и более на одну печь.

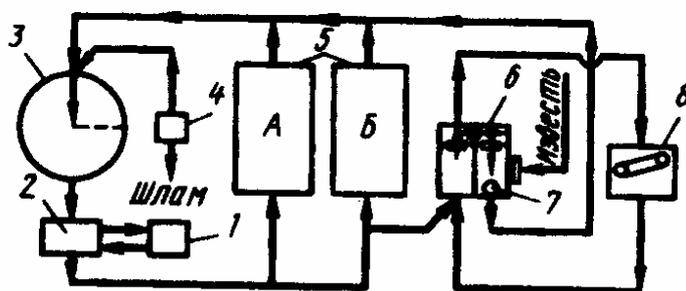
В качестве шлакообразующей присадки в ферросплавном производстве используют известь, плавиковый шпат, кварцит, бокситы и высокосортные железные руды. Лучшей по качеству присадкой является известь, полученная обжигом во вращающихся трубчатых печах. Для очистки газов обжиговых печей от диоксида серы при большом его содержании в газе ( $30\text{-}60 \text{ г/м}^3$ ) разработана непрерывно действующая установка. Диоксид серы поглощается известковым раствором с содержанием твердых веществ в свежей суспензии до  $200 \text{ г/л}$ .

## 18.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами ферросплавного производства

Сточные воды ферросплавного производства образуются при очистке газов, разливке и грануляции ферросплавов и производстве углеродной массы. Стоки характеризуются наличием взвешенных частиц, обладают щелочной реакцией, содержат цианиды и роданиды (стоки от газоочистки электропечей при выплавке ферросплавов), в увеличенном количестве сухой остаток и фенолы (стоки цеха электродных масс), марганец, фтор (стоки флюсоплавильного производства), хром, мышьяк, ванадий, никель и др. Сточные воды загрязняются мельчайшими ферромагнитными взвесями. Примерно 70% частиц, содержащихся в сточных водах газоочисток электропечей, характеризуется крупностью  $< 10$  мкм, поэтому такая взвесь очень трудно осаждается. Например, при очистке газов печи, выплавляющей 45%-ный ферромарганец, эффект осветления (осаждения) сточных вод после 2 ч отстаивания был равен 82% (при содержании, взвешенных частиц в исходной воде 4 г/л), а после 3 суток отстаивания - 96%.

В ферросплавном производстве используется оборотное водоснабжение (85% всей используемой воды находится в обороте): при этом в оборот включается и грязная вода от промывки газа, она используется после осветления в горизонтальных, радиальных отстойниках или в земляном пруде-шламонакопителе. Гидравлическая нагрузка на  $1 \text{ м}^2$  поверхности отстойника не превышает  $0,6 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Применение магнитной коагуляции способствует увеличению удельной нагрузки на  $1-1,2 \text{ м}^3/(\text{ч}\cdot\text{м}^2)$ . Применение магнитных коагуляторов с разомкнутыми магнитопроводами на радиальных отстойниках металлургического завода «Красный Октябрь» позволило снизить содержание взвешенных веществ в осветляемой воде с 450 до 150 мг/л. Наряду с магнитным полем в качестве коагулянта применяется полиакриламид (реагентная коагуляция).

На рисунке 39 представлена схема оборотного водоснабжения газоочисток за ферросплавными печами и разливочными машинами. Этой схемой предусмотрена очистка отработавших вод газоочисток от механических взвесей в одном из двух радиальных отстойников диаметром 25 и 30 м. Для интенсификации осветления вод применяется полиакриламид (1-2 мг/л), а для предупреждения коррозии и улучшения осаждения шламов - известь с расходом до 200 мг/л. Осветленную воду охлаждают на вентиляторной градирне, после чего она снова поступает в общую систему водоснабжения газоочистки. Часть ее передается в оборотную систему разливочных машин для возмещения потерь от испарений. Сгущенный на радиальных отстойниках шлам подвергается обезвоживанию на фильтр-прессах; фильтрат возвращается в отстойник. Подпитку системы водоснабжения осуществляют технической водой в объеме  $20 \text{ м}^3/\text{ч}$ .



1-градирня; 2-насосная; 3-радиальный отстойник; 4-станция обезвоживания шлама; 5-газоочистки силикомарганцевых (А) и ферросилициевых (Б) печей; 6-двухсекционный горизонтальный отстойник; 7-насос для перекачки известкового молока; 8-разливочные машины

Рисунок 39 - Схема оборотного водоснабжения газоочисток за ферросплавными печами и разливочными машинами

Улучшению эксплуатации системы водоснабжения способствуют отделение системы оборотного водоснабжения газоочисток от системы водоснабжения разливочных машин, прекращение подачи известкового молока в отработанную воду газоочисток, подпитка системы водоснабжения разливочных машин технической водой, подаваемой на вход горизонтальных отстойников.

Широко распространена система совмещенного оборотного водоснабжения газоочисток силикомарганцевых и ферросилициевых печей, так как это позволяет обеспечить коррозионную защиту всех газоочисток без использования реагентов. При работе совмещенной системы оборотного водоснабжения в режиме, близком к бессточному (потеря воды со шламом 0,5-0,8%), накопление солей в оборотной воде до 30 г/л и щелочных соединений до 50 ммоль-экв/л ухудшает работы газо- и водоочистных аппаратов и сооружений.

### **18.3 Уменьшение вредных выбросов ферросплавного производства технологическим путем**

В ферросплавном производстве сокращение технологических выбросов осуществляется в первую очередь путем укрытия открытых рудно-термических печей сводами, т.е. перевод их в разряд закрытых печей. Количество вредных выбросов при производстве ферросплавов в закрытых печах в 80-100 раз меньше, чем при выплавке в открытых печах.

В целях снижения выбросов вредных веществ внедряется автоматизация процессов подготовки и подачи шихты (подача шихты в печь производится по трубопроводам), загрузки электродной массы и регулирования уровня электродов; применяются специальные машины для разлива ферросплавов, в частности- машины конвейерного типа; механизмируются операции для очистки и отгрузки ферросплавов; осуществляется комплексное использование сырья.

Выделение газа и пыли в значительной степени зависит от технологии выплавки ферросплава. Средняя скорость образования печного газа почти пропорциональна количеству подводимой энергии, следовательно, при увеличении полезной мощности печи возрастает количество выделяемых газа и пыли. Пылеватые руды и флотационные концентраты загружаются в печь, предварительно пройдя окускование различными методами (агломерацией, брикетированием, грануляцией), что предупреждает вынос мелких частиц, который может составлять 15% от количества заданной руды.

По технологическим условиям такие сплавы, как силикокальций, малоуглеродистый феррохром, ферровольфрам и др., чаще всего выплавляются в печах открытого типа. На выброс пыли и газов в этом случае значительное влияние оказывает технология плавки (количество пыли, уносимой с газами, может уменьшаться или увеличиваться в 4-5 раз). Так, увеличение запыленности газа наблюдается при недостаточном погружении электрода в шихту, увеличении количества подводимой энергии на единицу объема печи.

При производстве высокохромистого ферросилиция выделение газа и пыли зависит от частоты и качества загрузки материалов в печь, так как внезапный обвал настывшей в ней сопровождается значительным выбросом газов с повышенным пылесодержанием. Неравномерным пылевыделением характеризуются рафинировочные печи, у которых отсутствует глубокая посадка электродов, а выпуск металла, добавление шихты и подвод электроэнергии носят циклический характер.

При выплавке хромовых и марганцевых ферросплавов (составляющих вместо 40% продукции ферросплавного производства) образуются саморассыпающиеся шлаки. Для уменьшения пыления их следует транспортировать в расплавленном состоянии.

При выплавке ферросилиция отходящие газы электропечей представляют собой смесь образующихся в процессе плавки реакционных газов с воздухом, которая засасывается под зонты печей. В состав печных газов входит главным образом оксид углерода, который в большей части своей сгорает, окисляясь до углекислого газа. Объем отсасываемого газа в смеси с воздухом, количество выбрасываемой пыли и содержание диоксида кремния в газе находятся в прямой зависимости от мощности печей, процентного содержания кремния в

выплавляемом сплаве. Так, при увеличении содержания кремния в сплаве в два раза (с 46 до 90%) количество пыли возрастает в 12 раз, диоксида кремния в 18 раз.

Для защиты от загрязнения атмосферного воздуха выбросами от производства феррованадия предусматривается замена сильвинита известью. Для предотвращения выбросов смолистых веществ при производстве феррохрома необходимы: полная механизация процессов наращивания электродов (наварки кожухов, загрузки электродной массы); максимальная герметизация печей, устраняющая поступление печных газов в воздушную среду производственных помещений и в атмосферный воздух через места прохода электродов, печные карманы и т.п.; разработка методов улавливания их и дожигания, методов нейтрализации смолистых веществ.

Прогрессивными вариантами алюмотермического процесса являются: переход на электропечную выплавку металлического хрома и безуглеродистого феррохрома, что позволяет резко уменьшить образование шестивалентного хрома; применение электропечного процесса с предварительным расплавлением части оксидов и флюса; внепечная плавка в изолированных камерах с выпуском металла и шлака (металлический хром, ферротитан и др.); металлический переплав; исключение применения молотых шлаков металлического хрома для футеровки плавильных шахт, так как в процессе плавки он насыщается шестивалентным хромом; производство азотированного феррохрома только в вакуумных агрегатах, так как при обычной выплавке азотированного хрома в отходящих газах содержится большое количество шестивалентного хрома.

В ферросплавных цехах сокращение технологических выбросов достигается путем: исключения сухого дробления кварцитов в шихтоподготовительных отделениях; освоения выплавки всех марок ферросплавов в закрытых печах и разливом их с помощью машин; обеспечения полной герметизации свода закрытых печей, в частности путем изменения способа загрузки шихты в закрытые печи; перехода на использование укрупненных шихтовых материалов; аспирации процесса рафинирования феррохрома; смешения рудноизвесткового расплава, и силикохрома в ковшах; совместного обжига известняка и хромовой руды; герметизации производственных помещений; установления двойных задвижек на напорных линиях от газодувок; замены последних на печах вакуумными насосами; удаления пыли из пыле-осадительных аппаратов в закрытый транспорт; максимальной герметизации над колошниковых укрытий и уплотнения мест прохода электродов на открытых печах; организации на участке подачи шихтовых материалов местного эффективного пылеулавливания; максимальной локализации газо- пылевыделений при выпуске металла и шлака, разливке металла в изложницы, заливке его в специальные машины для разливки.

Пыль, уносимая газами из печей ферросплавного производства, представляет собой подготовленную шихту, обогащенную по основному компоненту. В производстве марганцевых и хромистых сплавов использование уловленной пыли является перспективным из-за дефицита сырья. При использовании пыли после мокрой очистки, кроме брикетирования, необходимы дополнительное извлечение частиц пыли и осушка шлама. Для рафинировочных процессов пыль марганцевых, хромистых и других сплавов может быть возвращена без брикетирования, путем подшихтовки. Пыль специальных сплавов возвращается в производственный процесс полностью в связи с высокой ее стоимостью. Уловленная при выплавке ферросилиция пыль после окомкования возвращается в печь или используется в производстве огнеупорного кирпича, стройматериалов, для опрыскивания изложниц, в качестве теплоизолирующего материала.

## **Лекция 19 Защита атмосферы от вредных воздействий сталеплавильного производства**

19.1 Мартеновское производство стали

19.2 Конвертерное производство стали

19.3 Электросталеплавильное производство

Современные способы производства стали различаются по использованию источников энергии, отсюда, безусловно, различно их воздействие на окружающую среду. Существуют следующие способы производства стали: мартеновский; кислородно-конвертерный; электроплавка в дуговых и индукционных печах; специальная электроплавка (электрошлаковый переплав, вакуумно-дуговой переплав); электронно-лучевая и плазменная плавки.

Источником тепла для мартеновской печи служит топливо, сжигаемое в пространстве над расплавленным металлом. Кислородно-конвертерный процесс — один из видов передела жидкого чугуна в сталь без использования топлива путем продувки чугуна в конвертере технически чистым кислородом. Источником энергии при электроплавке является электричество. В печах электрический ток либо наводится в самом металле (индукционные печи), либо создает мощную электрическую дугу (дуговые печи).

### 19.1 Мартеновское производство стали

Из всех пылегазовых выбросов из сталеплавильных агрегатов наибольшее количество приходится на мартеновские печи: 90% оксидов серы, 85% оксидов азота и 75% пыли. Основными источниками дымообразования в мартеновской печи являются топливо, газовыделение из сыпучих материалов при их нагреве и разложении и выделяющиеся при окислении углерода шихты углекислый газ и окись углерода. На одну тонну садки в мартеновских печах при отоплении их природным газом образуется от 1000 до 4000 м<sup>3</sup>/ч газа, имеющего на выходе из печи температуру 700- 800 °С. Для печей, работающих с подачей мазута (20-50% по теплу), количество продуктов сгорания увеличивается на 5%. Из-за подсосов воздуха к концу кампании объем уходящих газов увеличивается на 10-15%. Химический состав газа зависит от вида применяемого топлива, состава шихты и технологии плавки. В нем содержатся оксид и диоксид углерода, оксиды азота и серы, кислород, водород, азот, водяной пар и некоторые другие вещества. Количество оксидов серы зависит от вида применяемого топлива и, например, при отоплении коксодоменным газом может достигать 800 мг/м<sup>3</sup>. Средний объемный состав уходящих продуктов сгорания печей, работающих на обогащенном кислородом дутье, %: 10,5-15,1 CO<sub>2</sub>; 16-16,5 H<sub>2</sub>O; 62,3-66,1 N<sub>2</sub>; 6,5-7,2 O<sub>2</sub>; следы SO<sub>2</sub>.

Кроме газообразных примесей, отходящий газ содержит значительные количества пыли - до 15 г/м<sup>3</sup>. В начальный период плавки пыль крупная, она состоит из частиц руды, известняка и некоторых других компонентов. Пылеобразование связано с растрескиванием шихты при нагреве, а также с угаром оплавленного металла.

В период плавления при продувке ванны кислородом выделяется большое количество мелкодисперсной пыли (размер частиц < 1мкм). Большинство исследователей считают, что основной причиной образования пыли (бурого дыма) является испарение металла в зонах высокой температуры с последующим окислением и конденсацией в атмосфере печи.

Мартеновская пыль состоит в основном из оксидов железа (около 88 %). Кроме того, в ней содержатся оксиды алюминия, марганца и других веществ, входящих в состав шихты; оксиды железа придают газу коричневую окраску.

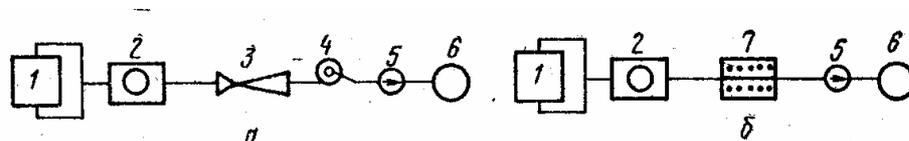
Пыль, уносимая из печи, в значительной степени оседает по газовому тракту: 50-60% в шлаковике, 15-20% в регенераторах, 10-15% в котле-утилизаторе. Таким образом, запыленность газа после котла-утилизатора (перед газоочисткой) составляет 10-15% содержания пыли в газах, выходящих из печи.

Кроме пыли в уходящих мартеновских газах содержатся вредные газообразные компоненты: 30-50 мг/м<sup>3</sup> окислов серы и 200-400 мг/м<sup>3</sup> окислов азота. Из отходящих газов мартеновских печей газообразные компоненты не улавливаются.

В мартеновских цехах имеются и неорганизованные источники поступления пыли в окружающую среду. Например, в воздухе миксерного отделения содержание пыли может достигать до 13 г/м<sup>3</sup>; в месте разгрузки сыпучих материалов в шихтовом дворе 260-460 мг/м<sup>3</sup>; в люнкеритной установке в разливочном пролете 100-160 мг/м<sup>3</sup>. Отводимый от мартеновской

печи газ, перед выбросом в атмосферу подвергается обязательной очистке. Перед очисткой газ охлаждают в котлах-утилизаторах до 220-250 °С.

В РФ, бывших странах СССР и за рубежом наибольшее распространение получили две схемы очистки мартеновского газа: сухая в электрофильтрах (рисунок 40, б) и мокрая в скрубберах Вентури (рисунок 40, а). Эффективность обоих аппаратов приблизительно одинакова: и в том и в другом случае запыленность очищенных по этим схемам газов не превышает 100 мг/м<sup>3</sup>. Данный показатель вполне соответствует санитарным нормам.



1-мартеновская печь; 2-котел-утилизатор; 3-труба Вентури; 4-каплеуловитель; 5-дымосос; 6-дымовая труба; 7-сухой электрофильтр

Рисунок 40 - Применяемые схемы очистки отходящих газов мартеновских печей

Проведенные подсчеты показали, что наименьшая величина капитальных затрат достигается при установке скрубберов Вентури, а минимальный уровень эксплуатационных расходов – при использовании сухих электрофильтров.

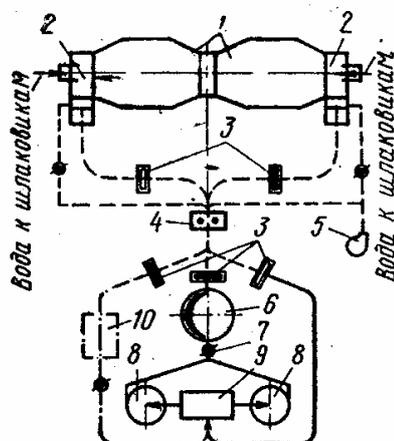
Для улучшения экономических, технологических показателей ещё в СССР начали проводить реконструкцию мартеновских печей в двухванные агрегаты (ДСПА), работающие значительно интенсивнее.

Количество отходящих газов из рабочего пространства холодной камеры ДСПА составляет 50 000-60 000 м<sup>3</sup>/ч, их температура 1400-1500 °С. В газах содержится 4-11% СО<sub>2</sub>, 0,2-0,8% СО, 8-17% О<sub>2</sub>. Запыленность отходящих газов составляет 15-25 г/м<sup>3</sup>.

При очистке газа, отходящего от двухвального сталеплавильного агрегата, применяются также сухая и мокрая схемы очистки.

При мокрой очистке газа, отходящего от двухвального сталеплавильного агрегата, в скрубберах Вентури его сначала охлаждают до 700-800 °С путем впрыскивания воды, затем направляют в котел-утилизатор. Охлажденные до 200-250 °С газы поступают далее в скрубберы Вентури, после них - в каплеуловители, а оттуда с помощью дымососов - в дымовую трубу. Эффективность улавливания пыли достигает 99%.

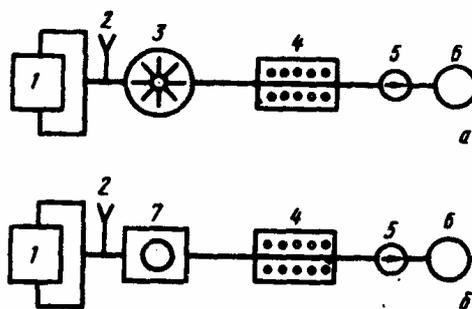
На одном из отечественных южных заводов за ДСПА работает мокрая газоочистка со скрубберами Вентури. На этой установке газы охлаждаются до 900-1000 °С в шлаковике впрыскиванием воды. В борове газы охлаждаются до 700 °С разбавлением их воздухом, подаваемым вентилятором через специальное сопло. Одновременно происходит дожигание окиси углерода. На рисунке 41 представлена схема работы описанной системы.



1-камеры печи; 2-шлаковики; 3-шиберы; 4-горелки для дожигания СО; 5-вентилятор для подачи воздуха; 6-дымовая труба; 7-дрессельный клапан; 8-дымососы; 9-газоочистная установка; 10-котел-утилизатор

Рисунок 41 - Схема охлаждения и мокрой очистки отходящих газов двухвальной печи

На рисунке 42 показана принципиальная схема охлаждения и сухой очистки от пыли отходящего газа двухвального сталеплавильного агрегата в электрофильтре с охлаждением газов в скруббере и в котле-утилизаторе. После дожигания оксида углерода газ охлаждается в скруббере (до 200 °С), за которым установлен электрофильтр типа УГ (рисунок 42, а). При такой схеме очистки, если запыленность газа перед скруббером составляла до 7 г/м<sup>3</sup>, то перед электрофильтром она уже снижалась до 3 г/м<sup>3</sup>, а за ним - до 0,1 г/м<sup>3</sup>.



а - с охлаждением в скруббере; б - с охлаждением в котле-утилизаторе;

1-двухвальная печь; 2-подвод воздуха для дожигания СО; 3-скруббер; 4-сухой электрофильтр; 5-дымосос; 6-дымовая труба; 7-котел-утилизатор

Рисунок 42 - Схема охлаждения и сухой очистки отходящих газов двухвалных печей в электрофильтре

В настоящее время необходимо очищать мартеновские газы не только от пыли, но и от оксидов азота. Для удаления их апробирован аммиачно-каталитический метод. Подготовка газов к каталитической очистке включает их охлаждение и очистку от пыли в тканевых или электрических фильтрах. Процесс восстановления оксидов азота аммиаком до элементарного азота происходит при температуре 280-320 °С в присутствии ванадиевого катализатора. Разрабатываются методы окисления оксидов азота до диоксидов, для чего используются твердые, жидкие и газообразные окислители (гипохлорид натрия, хлорная известь, диоксид хлора, озон). Получаемый диоксид азота и не прореагировавший оксид азота улавливают щелочным раствором.

Исследуются методы адсорбции оксидов азота твердыми адсорбентами (сланцевой юлой, известью, цеолитами и другими веществами) в неподвижном и кипящем слоях. При этом поглощается до 80% оксидов азота. Контактный аппарат представляет собой цилиндрическую или прямоугольную емкость с перегородкой - перфорированной полкой, на которой размещают адсорбент. При необходимости в аппарате устанавливают несколько полок с адсорбентом, слой которого достигает в высоту 50-100 мм, устраивают отдельный коллекторный подвод и отвод газа от каждой полки.

## 19.2 Конвертерное производство стали

В связи с меньшей энергоемкостью кислородно-конвертерного способа производства стали в сравнении с мартеновским способом, доля выплавки конвертерной стали непрерывно увеличивается.

При продувке жидкого чугуна кислородом в конвертере происходит выгорание из чугуна углерода и других примесей. Образующийся продукт сгорания (конвертерный газ) содержит в основном оксид углерода (86-90%), диоксид углерода (8-14%), а также небольшое количество кислорода, азота и некоторых других веществ, например серы. По имеющимся данным, количество серы, выносимое с газовой фазой за плавку, составляет 7-8% от содержания серы в шихте.

Во избежание выбросов вредных веществ в атмосферу в виде бурого дыма за конвертером сооружают сложный и дорогой газовый тракт, включающий в себя установки для охлаждения конвертерных газов с использованием их тепла, газоочистные установки, дымососные установки и дымовую трубу.

Выход конвертерных газов имеет циклический характер и определяется, в первую очередь, скоростью сгорания углерода и условиями продувки.

В зоне соприкосновения кислорода с чугуном в конвертере развивается высокая температура (до 3000 °С), при которой испаряются оксиды железа и других примесей. Эти пары вместе с конвертерным газом выходят из конвертера, охлаждаются и конденсируются, образуя большое количество мельчайших частиц пыли. Кроме того, конвертерный газ выносит мелкие частицы руды, извести и других добавок, загружаемых в конвертер в процессе плавки. На 1 т плавки в конвертере образуется до 90 м<sup>3</sup> газа и до 20 кг пыли. Пыль состоит в основном из железа и его оксидов (60-70%), извести (5-17%), кремния (0,7-3,0%) и некоторых других компонентов. Химический состав пыли мало зависит от интенсивности продувки, но значительно изменяется по периодам плавки.

Запыленность конвертерного газа при выходе из конвертера может достигать 250 г/м<sup>3</sup>. Максимальные значения запыленности отмечаются в момент подачи сыпучих материалов. С конвертерными газами уносится до 14% серы, содержащейся в шихте; из них 13% содержится в пыли и 1% в газовой фазе. Окислов азота в конвертере практически не образуется. Однако при дожигании СО в котле-охладителе выход окислов азота составляет примерно 100 мг/м<sup>3</sup>, или 50 г/т стали. Окислы азота образуются также при дожигании конвертерного газа на свече в количестве 30 г/т стали.

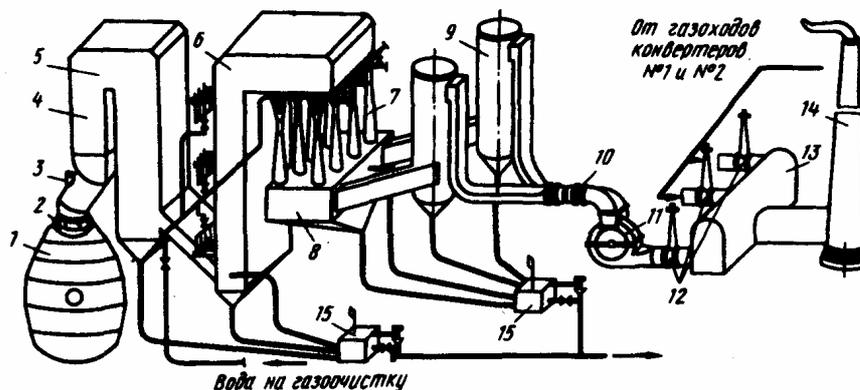
Для улавливания и отвода конвертерного газа над горловиной конвертера имеется колпак (кессон), соединенный с газоотводящим газоходом. Устройство газоотводящих трактов зависит от того, производится ли дожигание оксида углерода или нет. По этому признаку газоотводящие тракты подразделяются на три группы:

1) системы с подсосом воздуха через зазор между конвертером и котлом-охладителем и полным дожиганием СО в последнем;

2) системы без доступа воздуха в газовый тракт и без дожигания СО;

3) системы с частичным дожиганием СО в котле-утилизаторе. Если дожигание СО производится, то в зазоре между горловиной конвертера и газоходом создается при помощи дымососа разрежение, вследствие чего газ не выделяется в окружающую среду, а в газоход подсасывается воздух, кислород которого превращает СО в СО<sub>2</sub>. В этом случае в отходящем газе отсутствует СО, что обеспечивает взрывобезопасность процесса его дальнейшей очистки и удаления.

Для очистки конвертерного газа от пыли применяют скрубберы Вентури, электрофильтры и тканевые фильтры. На рисунках 43, 44 приведены схемы очистки конвертерного газа в скрубберах Вентури в установках с полным дожиганием оксида углерода.



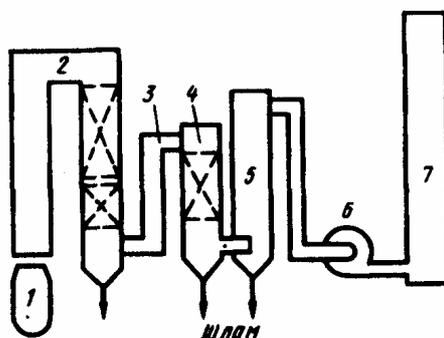
1-конвертер; 2-кессон; 3-отверстие для фурмы; 4-подъемный газоход с радиационными поверхностями котла-утилизатора; 5-опускной газоход с конвективными поверхностями и экономайзером; 6-скруббер; 7-блок труб Вентури; 8-инерционный каплеотделитель; 9-центробежные скрубберы; 10-дроссельный клапан; 11-дымосос; 12-задвижка; 13-боров; 14-дымовая труба; 15-гидрозатвор

Рисунок 43 - Схема отвода и очистки конвертерного газа с дожиганием оксида углерода

По этим схемам конвертерные газы подвергаются очистке в котле-утилизаторе, встроенном в подъемно-опускной газоход, и в скруббере прямоугольного сечения, откуда их затем направляют в блок из восьми установленных на инерционный каплеотделитель труб Вентури с круглым сечением горловины. Окончательная очистка газа производится в двух параллельно расположенных центробежных скрубберах. В этом случае обеспечивается очистка газа до конечного пылесодержания около  $70 \text{ мг/м}^3$ .

Применение электрофильтров в установках без дожигания оксида углерода невозможно, так как эти фильтры взрывоопасны из-за возникновения искр при электрических пробоях. Тканевые же фильтры недостаточно газоплотны и к тому же громоздки, поэтому для очистки газов используются скрубберы Вентури.

Сокращение размеров газоотводящего тракта значительно облегчает компоновку и эксплуатацию оборудования в конвертерном цехе. С другой стороны, при работе без дожигания окиси углерода увеличивается возможность образования в газоотводящем тракте взрывоопасных смесей кислорода и окиси углерода. Однако опыт сооружения таких установок показал, что при соблюдении всех правил технической эксплуатации их работа вполне надежна и безопасна. Взрывобезопасность работы газового тракта обеспечивается тем, что в начале и после окончания кислородной продувки на границе раздела кислорода и окиси углерода автоматически образуется «тампон» из нейтрального газа ( $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ ), надежно отделяющий одну среду от другой и не позволяющий им смешиваться.



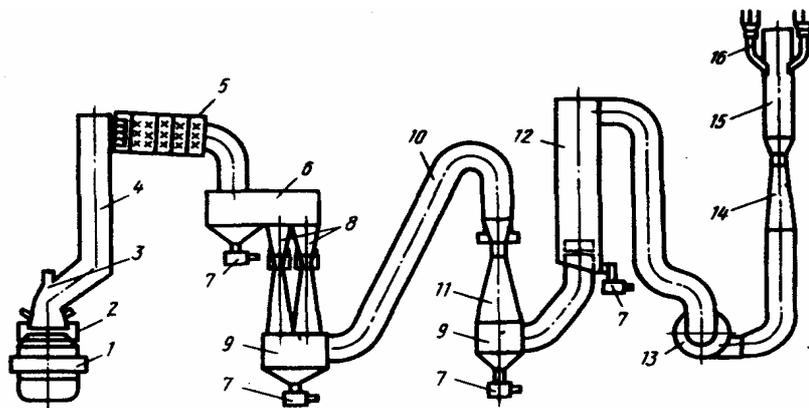
1-конвертер; 2-котел-охладитель; 3-орошаемый газоход; 4-скрубберы Вентури; 5-циклон-каплеотделитель; 6-дымосос; 7-дымовая труба

Рисунок 44 - Схема охлаждения и очистки конвертерных газов с полным дожиганием СО

Образование «тампона» обеспечивает нависающий над конвертером колпак, опускающийся и частично перекрывающий зазор во время продувки и автоматически поднимающийся в начале и в конце продувки. В моменты подъема колпака зазор полностью открыт, и благодаря устремляющемуся в него воздуху осуществляется дожигание конвертерного газа в  $\text{CO}_2$ , т.е. образуется «тампон» из нейтральных газов.

В установках без дожигания окиси углерода очистку газа почти всегда осуществляют в мокрых пылеуловителях.

Мокрая очистка газов от пыли без дожигания СО производится в аппаратах, аналогичных применяемым установкам для очистки с полным дожиганием СО. Система отвода газа (рисунок 45) состоит из кессона, переходящего в камин, в который встроен котел-утилизатор, где газ охлаждается до  $800-900 \text{ }^\circ\text{C}$ ; доохлаждение его идет вначале в горизонтальном газоходе за счет подачи мелко распыленной воды, а затем в низконапорных трубах Вентури с регулируемым сечением горловины; коагуляция мелкодисперсной пыли происходит в высоконапорной трубе Вентури. Очистка от крупных капель шлама осуществляется в инерционных пыле- и брызгоуловителях, на которых установлены трубы Вентури; окончательная очистка газа от укрупненной пыли производится в центробежном скруббере.



1-конвертер; 2-водоохлаждаемая муфта; 3-кислородная фурма; 4-котел-утилизатор; 5-орошаемый газоход; 6-коллектор запыленного газа; 7-гидрозатвор; 8-трубы Вентури; 9-инерционный пыле- и брызгоуловитель; 10-газоход; 11-труба-коагулятор; 12-центробежный скруббер; 13-дымосос; 14-труба Вентури; 15-дымовая труба; 16-дожигающее устройство

Рисунок 45 - Система очистки конвертерного газа без дожигания СО

Работа газового тракта при частичном дожигании окиси углерода протекает с полностью открытым зазором. Дымосос устанавливают на работу с постоянной производительностью, на 10-15% превышающей выход конвертерного газа в период максимального газовыделения. В этом случае в начальный период продувки, когда конвертерного газа, а следовательно, и окиси углерода выделяется мало, из атмосферы через открытый зазор энергично подсасывается воздух и горение окиси углерода идет с большими избытками воздуха, т.е. в газовом тракте присутствуют кислород и углекислый газ, а окиси углерода нет. По мере увеличения выхода конвертерного газа избыток кислорода быстро уменьшается и при  $\alpha=1$  становится близким к нулю. В это время в газоход не идет и окиси углерода, которая полностью сгорает в углекислый газ. Иначе говоря, образуется «тампон» из инертного газа  $\text{CO}_2 + \text{N}_2$ , который продувает газоотводящий тракт, освобождая его от остатков кислорода. За «тампоном» движется газ, в котором присутствует окись углерода, но совершенно отсутствует кислород. По окончании продувки те же процессы проходят в обратном порядке. Таким образом, «тампон» из инертного газа, образующийся в начале и конце кислородной продувки, надежно разделяет транспортируемый газ различного качественного состава, не допуская перемешивания окиси углерода с воздухом и образования взрывоопасной смеси.

При режиме работы с частичным дожиганием СО возможности использования конвертерного газа в качестве топлива значительно уменьшаются. Практика показывает, что из всего времени продувки газ с высоким содержанием СО выходит из газового тракта за 6-10 минут, что составляет 25-30% всего времени плавки. В остальное время газ для использования в качестве топлива не пригоден вследствие пониженного содержания окиси углерода. Поэтому практически все установки с частичным дожиганием окиси углерода работают с дожиганием конвертерного газа перед выбросом в атмосферу на свече.

В установках с частичным дожиганием СО запыленность газов перед очисткой несколько больше, чем в установках с полным дожиганием, вследствие меньшего поступления в газы воздуха, и составляет 30-80 г/м<sup>3</sup>. Дисперсный состав пыли при частичном дожигании СО при прочих равных условиях мало отличается от состава при полном дожигании. Химический анализ пыли показывает, что при частичном дожигании СО в начальный и конечный периоды продувки, большая часть пыли окислена до  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . В основной период продувки большая часть пыли представлена в виде FeO.

Практика эксплуатации имеющихся установок, работающих с частичным дожиганием окиси углерода, показала, что очистка газа в мокрых пылеуловителях, подобных тем, которые применяют в установках с полным дожиганием СО, дает вполне удовлетворительные результаты. Поэтому при переводе процесса с полного на частичное дожигание СО нет необходимости в реконструкции систем газоочистки.

### 19.3 Электросталеплавильное производство

Выход газов из электросталеплавильной печи и состав газовой фазы зависит от состава шихты, скорости плавления, технологического и температурного режимом плавки, режима кислородной продувки и т.п. За время выплавки стали в электропечах, особенно при вдувании кислорода, температура металла повышается до 3000 °С, происходят различные химические реакции, сопровождающиеся образованием газа. Этот газ содержит продукты выгорания электродов, испарения, железа, кремнезема, глинозема и других веществ, содержащихся в металле. Из электропечи газы выделяются во время загрузки шихты, в процессе плавки и слива стали в ковш. Газ, выделяющийся из печи, имеет следующий примерный состав: 15-25% оксида углерода; 5-11% диоксида углерода; 0,5-3,5% водорода; 3,5-10% кислорода; 61-72% азота.

Большое влияние на режим газовой выделенной оказывает ряд факторов и, в первую очередь, подсос воздуха в печь, зависящий от режима внутривспечного давления, качества уплотнения имеющихся зазоров, наличия автоматического регулирования и т.п. Максимальный выход газов может превышать средний на 60-70% и длиться до 30 минут. Температура газа на выходе из печи составляет 1800-2000 °С. Газ взрывоопасен из-за наличия в нем СО, поэтому перед очисткой СО дожигается в специальном устройстве.

Выходящие из печи газы в значительной степени запылены. Концентрация пыли в газе может изменяться в широких пределах: от 2 до 10 г/м<sup>3</sup> без продувки кислородом и при продувке - от 14 до 100 г/м<sup>3</sup>, причем запыленность газов зависит от объема подсоса в зоне дожигания. Средний удельный выход пыли составляет 6-9 кг/т стали. Основная масса пыли (~42%) мелкодисперсная. Она образуется в результате испарения металла в зоне действия электрических дуг и кислородной продувки и последующей конденсации в печном пространстве. Шлакообразующие и молотые добавки дают более крупные фракции. Пыль состоит из оксидов железа (до 80%), кремния, алюминия, марганца, кальция.

Вынос ферромагнитной пыли из печи составляет 2,5÷10 кг на 1 т стали. Около 75% всего количества пыли образуется в течение первой половины плавки.

В небольших количествах в газах находятся следующие токсичные микрокомпоненты, мг/м<sup>3</sup> (г/т): окислы азота – 550 (270); окислы серы – 5 (1,6); цианиды – 60 (28,4); фториды – 1,2 (0,56).

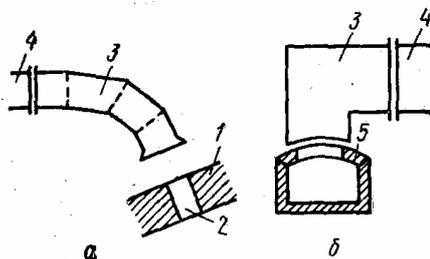
При электросталеплавильном производстве из-за трудности улавливания около 40% образовавшегося запыленного газа поступает непосредственно в атмосферу цеха. Это так называемые технологические выбросы. В процессе эксплуатации дуговой электросталеплавильной печи требуется подъем и опускание электродов, подъем и поворот свода, наклон ванны и другие операции. Поэтому создание стационарного устройства для отсоса газов представляет значительные конструктивные трудности.

Применяются следующие системы для улавливания, отвода и очистки газов электропечей:

1) Устройство фонарей и вытяжных шахт в крыше цеха, через которые попавший в цех газ удаляется естественным путем. При этом пыль выпадает из медленно поднимающегося потока, оседает на своде печи, оборудовании, конструкциях здания, что снижает светопрозрачность окон и требует создания специальных устройств для уборки. Загазованность и запыленность помещения цеха часто настолько увеличиваются, что в верхней зоне затрудняется видимость для крановщиков, а на рабочей площадке концентрация пыли и газов во много раз превышает санитарные нормы. Пыль и газ выбрасываются через фонари и вытяжные шахты и существенно загрязняют атмосферу;

2) Установка над электропечью зонта или колпака, полностью перекрывающего свод печи. В простейшем случае над печью выше электродов сооружают зонт, не связанный с конструкцией печи, охватывающий все точки пыле- и газовыделений и не мешающий обслуживанию печи. Вместо зонта иногда делают колпаки, укрепленные на каркасе печи, непосредственно у мест пыле- и газовыделений. Такое решение является эффективнее зонтов, но усложняет конструкцию, так как колпаки перемещаются вместе с печью и требуют шарнирных соединений со стационарным газоходом. Общим недостатком подобной

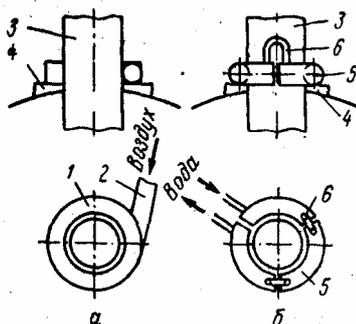
системы отсоса газов является невысокая эффективность (70-80%). Кроме того наблюдается большой расход энергии на перемещение больших масс газа с подсосами воздуха, значительная металлоемкость конструкций, ухудшение условий обслуживания и доступа к печи. Поэтому наиболее целесообразным способом удаления газов из печи является их отсос из рабочего объема через специальное отверстие, чаще всего в своде печи вблизи рабочего окна (рисунок 46, а), или через арку рабочего окна (рисунок 46, б);



1-свод печи; 2-отверстие в своде; 3-подвижной газоход; 4-стационарный газоход; 5-арка рабочего окна

Рисунок 46 - Организация отсоса газов из электросталеплавильной печи

3) Секционный отсос, представляющий укрытие из нескольких секций, присоединенных к вытяжному газоходу. Газ, выходящий через зазоры между электродами и сводом печи, удаляется с помощью отсосов (рисунок 47). При хорошем уплотнении сокращается подсос воздуха или выбивание газов, уменьшается расход электродов вследствие меньшего окисления их поверхности, сокращается производительность газоотсоса;



1-воздушное кольцо; 2-подводящий воздуховод; 3-электрод; 4-опорное кольцо; 5-водоохлаждаемая труба; 6-соединительные трубы-компенсаторы

Рисунок 47 - Уплотнение зазоров у электродов дуговой печи

4) Отвод газа непосредственно из-под свода печи, в котором делают специальное отверстие, через которое при помощи водоохлаждаемого патрубка, соединенного с газоотводящим газопроводом, отсасывают газ;

5) Отвод газа из-под свода печи через патрубок с разрывом газового потока;

6) Полное укрытие печи, позволяющее улавливать газы, выделяющиеся при загрузке, плавке и сливе металла.

Очистку технологических газов от пыли осуществляют мокрым способом в трубах Вентури и сухим способом в электрофильтрах или рукавных фильтрах. На рисунке 48 представлена схема раздельной очистки газов как отводимых от электропечи, так и уходящих через зонт под фонарем цеха.

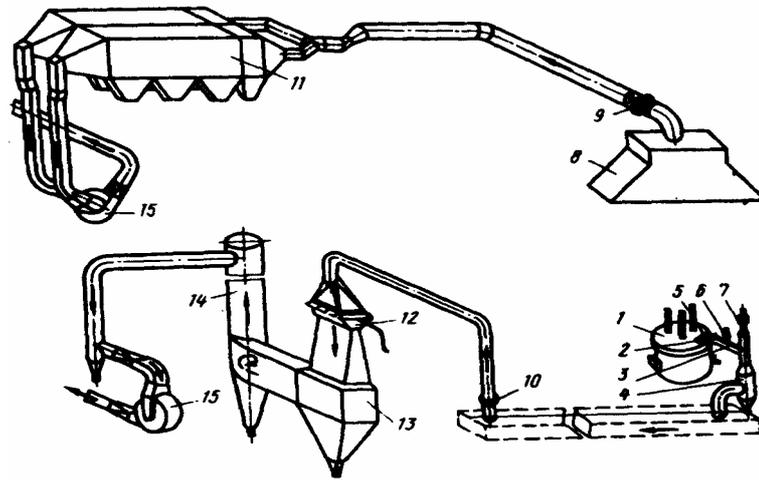
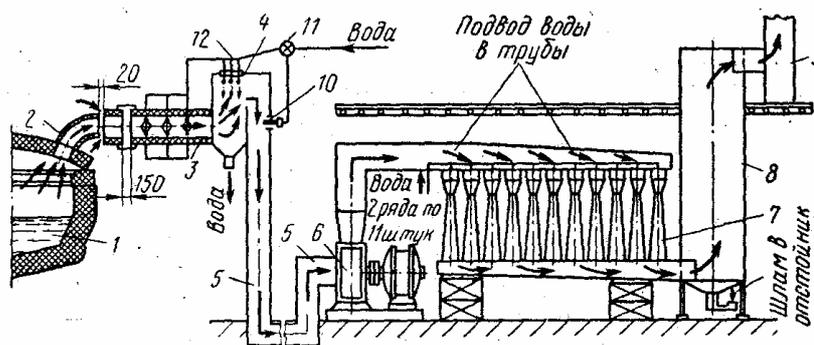


Рисунок 48 - Схема раздельной очистки газов, отводимых от электропечи и через зонт под фонарем цеха

Газ отводится от печи через водоохлаждаемый патрубок, расположенный в своде печи 1. Между патрубком 2 и газоотводящим трубопроводом имеется воздушный зазор, дающий возможность регулировать количество отсасываемого газа. Величина этого зазора регулируется муфтой 5. Оксид углерода дожигается в камере 3 и далее охлаждается в устройстве 4. Дожигание и охлаждение газа осуществляются атмосферным воздухом, поступающим в камеру дожигания через клапан 6, а в камеру охлаждения через клапан 7. После этого газ отводится в систему газоочистки по газопроводу, снабженному клапаном 10, с помощью которого регулируют количество газа. В кровле цеха под фонарем установлен зонт 8, через него удаляются неорганизованные выбросы. Количество отсасываемого газа регулируется с помощью клапана 9. Неорганизованные выбросы очищаются в сухом пластинчатом электрофилтре 11. Газ, отводимый от электропечи, проходит через прямоугольную трубу Вентури 12 с регулируемым сечением горловины, где пыль коагулирует. Укрупненная пыль очищается вначале в инерционном пыле- и брызгоуловителе 13, а затем в центробежном скруббере 14.



1-печь; 2-заборный патрубок; 3-стационарный газоход; 4-скруббер; 5-газоход лучистого газа; 6-вентилятор; 7-блок труб Вентури; 8-каплеуловитель; 9-дымовая труба; 10-термопара; 11-регулятор подачи воды; 12-форсунки

Рисунок 49 - Схема охлаждения и очистки газов электросталеплавильных дуговых печей в скрубберах Вентури

На рисунке 49 представлена наиболее распространенная схема очистки газов дуговых электросталеплавильных печей в скрубберах Вентури с разрывом газового потока. Подобная установка, как правило, скомпонована из нескольких труб Вентури сравнительно небольшого размера с диаметром горловины 100-150 мм.

Электрофильтры для очистки газов от пыли целесообразно использовать только для самых крупных печей, вследствие умеренного количества отходящих газов, высокой стоимости фильтров, их больших габаритов и трудностей в эксплуатации.

В настоящее время для очистки газов от пыли все чаще используют тканевые фильтры: в них используются термостойкие фильтровальные ткани из волокон лавсана, оксолона и др. (выдерживают температуру до 250 °С).

## **Лекция 20 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами сталеплавильного производства и технологические пути снижения выбросов**

20.1 Мартеновское производство

20.2 Конвертерное производство

20.3 Электросталеплавильное производство

20.4 Уменьшение вредных выбросов сталеплавильного производства технологическим путем

В сталеплавильном производстве сточные воды образуются в процессе очистки газов мартеновских печей, конвертеров, электросталеплавильных печей; при охлаждении и гидроочистке изложниц, установок непрерывной разливки стали и обмывке котлов-утилизаторов.

### **20.1 Мартеновское производство**

В сточных водах, поступающих из системы газоочистки мартеновских печей, содержится до 80% частиц пыли размером от 0,1 до 0,07 мм и до 20% размером частиц 0,07-0,01 мм. Расход воды на газоочистку составляет 0,3-0,8 л/м<sup>3</sup> газа, что соответствует расходу воды 1,6-4,2 м<sup>3</sup>/т выплавляемой стали. Средняя концентрация взвешенных твердых частиц в сточной воде составляет 3 г/л, максимальная – до 17 г/л, на 93% они состоят из оксидов железа.

Для очистки сточных вод применяется механический метод: отстаивание (осветление) в радиальных отстойниках. Время осаждения взвешенных частиц из сточной воды при её отстаивании зависит от периода работы печи. Периоды завалки, подогрева и заливки чугуна характеризуются медленным осаждением частиц. В периоды плавки, добавки чугуна и доводки, когда из печи уносится наибольшее количество пыли, осаждение частиц в сточной воде идет интенсивно.

Для интенсификации осветления сточных вод в отстойниках применяют реагентную и магнитную коагуляцию. Применение в качестве коагулянта полиакриламида из расчета 1 мг на 1 л или магнитного поля приводит к увеличению удельной гидравлической нагрузки на радиальный отстойник до 1,5 м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>) и более.

### **20.2 Конвертерное производство**

Состав и загрязнение сточных вод зависит от схемы отвода и очистки отходящих газов и технологического процесса. В сточной воде содержится взвешенных частиц до 7000 мг/л. Размеры частиц в сточных водах: 0,1-0,04 мм 30% (от общего количества взвешенных частиц), 0,05-0,01 мм до 70%.

Для очистки сточных вод конвертерного производства также используются в основном радиальные отстойники. Для интенсификации их работы применяется реагентный метод обработки сточных вод. Применение в качестве коагулянта полиакриламида позволяет повысить гидравлическую нагрузку на 1 м<sup>2</sup> отстойника до 1,4 м<sup>3</sup>/ч. После отстаивания вода возвращается в систему оборотного водоснабжения. При оборотном водоснабжении для осветления сточных вод применяются также гидроциклоны. Удельная нагрузка на него достигает 6-7 м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>).

Применение в качестве коагулянта полиакриламида в количестве 1 мг/л повышает гидравлическую нагрузку до 12-15 м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>).

Интенсификация процесса осветления сточных вод конвертерных цехов достигается путем применения магнитной коагуляции.

В конвертерном цехе существуют три отдельные замкнутые схемы оборотного водоснабжения: для газоочистных установок конвертеров; для зон вторичного охлаждения машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ); для потребителей чистой воды конвертерного отделения и МНЛЗ.

Окалина из отстойников обезвоживается в магнитных сепараторах, после чего используется на аглофабрике.

### 20.3 Электросталеплавильное производство

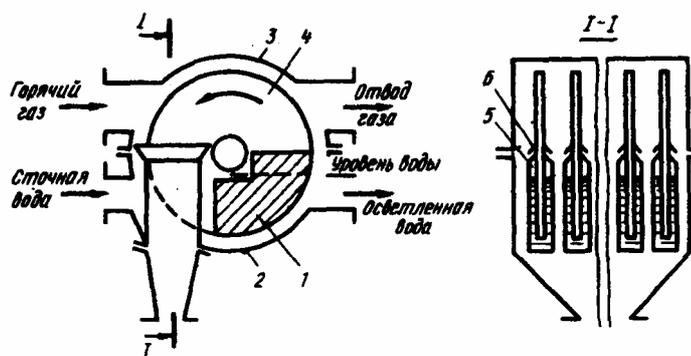
Сточные воды газоочистки электросталеплавильных цехов загрязняются мельчайшими ферромагнитными взвесями, включающими оксиды железа, алюминия, марганца, магния, никеля, кремния, кальция, хрома и др. Следует отметить, что пыль, выносимая из печи, склонна к слипанию, плохо смачивается водой, а примерно 70% частиц, содержащихся в сточных водах, характеризуется крупностью <10 мкм; взвесь сточных вод электросталеплавильных цехов очень трудно осаждается.

Осветление сточных вод электросталеплавильных цехов осуществляется в горизонтальных и радиальных отстойниках. Гидравлическая нагрузка на 1 м<sup>2</sup> поверхности отстойника составляет 0,5-0,6 м<sup>3</sup>/ч. Применение магнитной коагуляции способствует увеличению удельной нагрузки до 1,2 м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>). Для улучшения осветления коагуляция сточных вод производится с помощью полиакриламида. Доочистка стоков осуществляется на напорных песчаных фильтрах.

Сточные воды от установок охлаждения и гидравлической чистки изложниц, загрязненные шлаком, окалиной, известью, осветляются в отстойниках методом отстаивания.

Для очистки сточных вод сталеплавильного производства достаточно эффективным оборудованием является магнитодисковый аппарат, так как выносимые из сталеплавильных агрегатов и загрязняющие сточные воды взвеси являются производными металлов, относящихся к группе ферромагнетиков. Поэтому присутствие в процессах осветления сточных вод магнитного поля значительно влияет на очистку этих вод. Магнитодисковый аппарат (рисунок 50) состоит из десяти дисков, нижняя часть которых размещена между магнитными.

Специальная конструкция дисков обеспечивает направленное осаждение взвешенных ферромагнитных веществ на поверхности дисков. Над поверхностью воды под действием магнитных сил происходит значительное обезвоживание шлама (до 60%). За время движения дисков над поверхностью воды (в течение 45 с) осуществляется сушка шлама горячими газами, затем он снимается ножами и попадает в бункер в виде гранул, которые далее используются в агломерационном производстве.



1-магниты; 2-ванна; 3-крышки; 4-диски; 5-бункер; 6-съемные ножи

Рисунок 50 - Магнитодисковый аппарат

При осветлении сточных вод сталеплавильного производства чаще всего применяются отстойники-сгустители для первичного осушения шлама, откачиваемого из отстойников; фильтр-прессы для обезвоживания шлама и сушильные барабаны для его сушки. После осветления сточные воды используются в системах оборотного водоснабжения.

#### **20.4 Уменьшение вредных выбросов сталеплавильного производства технологическим путем**

Уменьшение количества вредных выбросов в сталеплавильном производстве достигается использованием различных технологических приемов и устройств. Большое значение имеет механизация ручных операций. Для снижения вредных выбросов предусматривается: механизированная загрузка шихты (в один-два приема); подвесные бункеры для сыпучих материалов и ферросплавов; автоматизированные системы для загрузки этих материалов; оборудование для механизации работ по обслуживанию конвертеров, электропечей и миксерных установок; механизация уборки шлама под конвертерами и мусора на рабочих площадках; механизация ломки изношенной футеровки основных агрегатов, уборки отходов и подачи огнеупоров; механизация подготовки и ремонта набивной футеровки сталеразливочных ковшей.

Уносимая из мартеновской печи пыль состоит из мельчайших частичек железной руды, известняка, шлама, а также продуктов конденсации паров металла. Вынос мелких частиц руды и известняка происходит в результате разрушения (растрескивания) этих материалов под воздействием высоких температур в периоды нагрева шихты и ее плавления. Вынос этих частиц прекращается полностью после покрытия шихты слоем шлама. В связи с этим большое значение имеют состав шлама, время его наведения, температура, площадь поверхности соприкосновения с металлом.

Запыленность продуктов сгорания зависит от периода плавки. Максимальная ее величина (до  $15 \text{ г/м}^3$ ) характерна для периода продувки кислородом. При правильной эксплуатации котла-утилизатора и очистной установки запыленность газа на выходе из нее обычно бывает  $< 0,1 \text{ г/м}^3$ . Чтобы уменьшить вынос пыли с отходящими газами, не следует загружать в печь сыпучие материалы и добавлять руду в ванну на стадии кипения.

В конвертерном производстве снижению количества вредных выбросов способствует воздействие звуковыми колебаниями на рабочий объем и жидкую ванну, а также отдельные подвод кислорода и отвод отходящих газов.

Для уменьшения вредных выбросов при разливке стали под шлаком следует стремиться к: снижению интенсивности фтористых выделений, что достигается уменьшением содержания фтористых компонентов; повышению основности шлама; использованию силикокальция и порошков алюмомагния вместо алюминия, марганцевой руды вместо натриевой селитры; снижению влажности смесей; использованию малофосфористых шлакообразующих брикетов. Уменьшению выбросов вредных веществ способствуют: разливка стали на МНЛЗ; механизация работ при разливке металла в изложницы; укрытие конвертеров при повалке; механизация отбора проб металла и шлама из конвертеров без их повалки.

Большое значение имеет переход на испарительное охлаждение сталеплавильных агрегатов (замена в охлаждающих системах холодной воды на кипящую), что позволяет уменьшить расход воды на охлаждение более чем в 60 раз. Металлургические агрегаты нагреты до очень высоких температур и в охлаждающих системах всегда применяли холодную воду. Если же заменить ее кипятком, то последний, соприкасаясь с охлаждаемой поверхностью, превращается в пар, отбирая от этой поверхности огромное количество тепла.

Одно из основных условий, позволяющих снизить выбросы вредных веществ, правильное, квалифицированное ведение технологических процессов в сталеплавильном производстве.

В сталеплавильном производстве образуется ежегодно более 25 млн. т шлаков, которые содержат железо (до 24% в виде оксидов и до 20% в металлической форме); оксиды

марганца (до 11%); оксиды кальция, кремния, алюминия, магния, хрома, фосфора и сульфиды железа и марганца. Половина массы перерабатываемых шлаков идет на изготовление щебня, 30% используется в качестве оборотного продукта (в виде флюсов); 20% перерабатывается в удобрения для сельского хозяйства; часть шлаков идет на изготовление минераловатных изделий; совсем небольшое количество подвергается грануляции.

Железосодержащие шламы и пыли после пыле-газоочистных установок используются как добавки в агломерационную шихту и при производстве стройматериалов.

## **Лекция 21 Защита окружающей среды от вредных воздействий литейного производства**

21. 1 Защита атмосферы от вредных выбросов литейного производства

21.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами литейного производства

21. 3 Уменьшение вредных выбросов литейного производства технологическим путем

### **21. 1 Защита атмосферы от вредных выбросов литейного производства**

В литейных цехах имеются существенные источники неорганизованных и организованных выбросов в воздух вредных газов и пыли. Чугунное и стальное литье производится в вагранках и дуговых электропечах.

Для предотвращения пылевыделения на пылящем оборудовании предусматривают различные по конструкции укрытия, из-под которых производят отсос воздуха. Такие вентиляционные системы называют аспирационными. Отсасываемый воздух перед выбросами в атмосферу должен подвергаться очистке. В этом воздухе, как правило, большое количество кремнийсодержащей пыли, а также частицы глинозема, доломита, известняка, угля и других веществ, как в твердом, так и в газообразном состоянии. Для очистки аспирационного воздуха от пыли широко используются сухие и мокрые циклоны, рукавные тканевые фильтры и другие аппараты, выбор которых зависит от размера частиц пыли и ее количества.

Большое количество пыли и вредных газов поступает в воздух рабочей зоны и в атмосферный воздух от работающих вагранок. Вагранки используются для выплавки чугуна. По конструкции они бывают открытого и закрытого типа.

Газопылевой поток, выходящий из вагранок, содержит больше всего оксида углерода (5-28%), а также диоксиды углерода и серы, различные углеводороды, кремнезем и другие вещества, состав и количество которых зависят от состава шихты и ее загрязнения. Например, по некоторым данным, на 1 т выплавляемого в закрытых вагранках чугуна образуется 193 кг оксида углерода; 11,5 кг пыли; 0,4 кг диоксида серы; 0,7 кг углеводородов. При выпуске 1 т чугуна из вагранки в ковш выделяется 126-130 кг оксида углерода, 18-22 г графитовой пыли и некоторые другие вещества. Выбросы сернистого ангидрида зависят от содержания серы в шихте и коксе. Температура газов на выходе из вагранки может достигать 800-900 °С.

В колошниковых газах вагранок обычно содержится до искрогасителя 20 г/м<sup>3</sup> пыли и 15% окиси углерода. Из-за содержащейся в газах окиси углерода, они являются взрывоопасными.

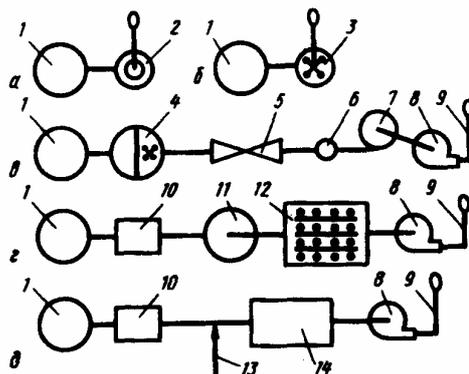
Колошниковая пыль вагранок содержит 22-25% окислов железа, 28-31% окислов кремния, 3-4% окиси кальция, потери при прокаливании составляют 28-33%, остальное – прочие компоненты в небольших количествах. По дисперсности преобладает средняя пыль (до 62% при холодном дутье) с крупностью частиц 10-25 мкм.

Для обеспыливания ваграночных газов применяют сухие и мокрые газоочистные аппараты.

Использование только сухих или мокрых инерционных и центробежных аппаратов не обеспечивает требуемую степень очистки. Необходимы комбинированные системы

пылеулавливания, включающие сухие и мокрые аппараты на первой ступени, а на второй — рукавные фильтры, скрубберы Вентури, электрофильтры, мокрые и сухие искрогасители.

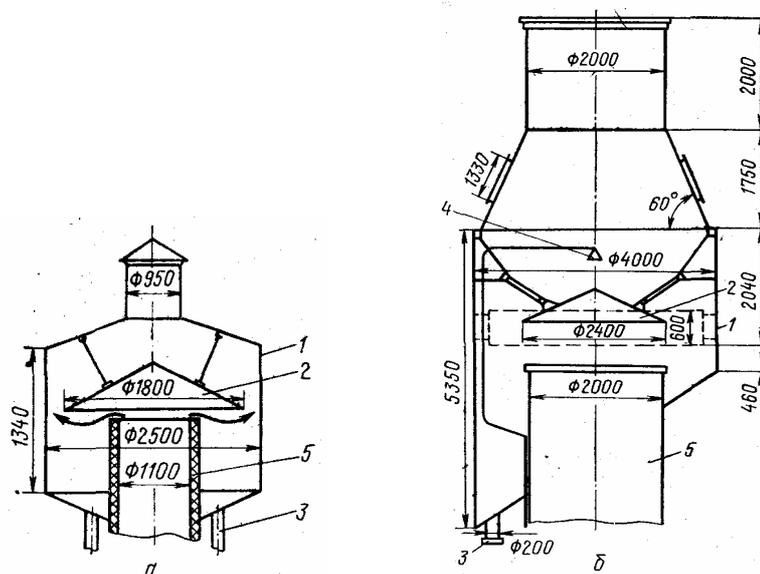
На рисунке 51 представлены схемы очистки ваграночных газов.



а - в сухих искрогасителях; б - в мокрых искрогасителях; в - в установках с трубами Вентури; г - в сухих горизонтальных электрофильтрах; д - в рукавных фильтрах; 1-вагранка; 2-сухой искрогаситель; 3-мокрый искрогаситель; 4-инерционный пылеуловитель с орошением или полый скруббер; 5-труба Вентури; 6-инерционный шламоуловитель; 7-циклон; 8-дымосос; 9-дымовая труба; 10-устройство для дожигания оксида углерода; 11-полый скруббер; 12-электрофильтр; 13-патрубок для подсоса воздуха; 14-рукавный фильтр

Рисунок 51 - Схемы очистки ваграночных газов

Наиболее простой способ очистки ваграночных газов от пыли состоит в применении искрогасителей, размещаемых на выходе газов из вагранки. Различают сухие искрогасители и мокрые. Искрогаситель — аппарат, близкий к полному скрубберу, но имеющий некоторые специфические особенности (рисунок 52).



1-корпус искрогасителя; 2-конический отражатель; 3-отводящий трубопровод; 4-форсунка; 5-отвод газов от вагранки; а – сухой вариант; б – мокрый вариант

Рисунок 52 - Общие виды искрогасителей

Орошающая жидкость в искрогасителе подается через каскадные форсунки, работающие на оборотной воде с высоким содержанием шлака. В сухих искрогасителях выпадение частиц пыли происходит за счет действия гравитационных и инерционных сил при выходе из трубы в камеру больших размеров или при поворотах газового потока. Эффективность сухих искрогасителей невысока и обычно не превышает 40-50%. Такие аппараты предназначены только для улавливания наиболее крупных фракций пыли. Действие мокрых искрогасителей основано на промывке газового потока распыленной

водой. При этом частицы пыли смачиваются, коагулируют, утяжеляются и выпадают из газового потока, после чего их отводят в виде шлама вместе с водой. Эффективность мокрых искрогасителей несколько выше, но не превышает 60-85%. Конструкций искрогасителей много, две показаны на рисунке 52.

При двухступенчатой очистке ваграночных газов на первой ступени устанавливаются искрогасители и установки для дожигания оксида углерода, что позволяет уменьшить в 8-10 раз выброс пыли и в 40-100 раз оксида углерода. На второй ступени для вагранок с холодным дутьем используют циклоны различных конструкций, а с горячим дутьем - пенные аппараты или скрубберы Вентури.

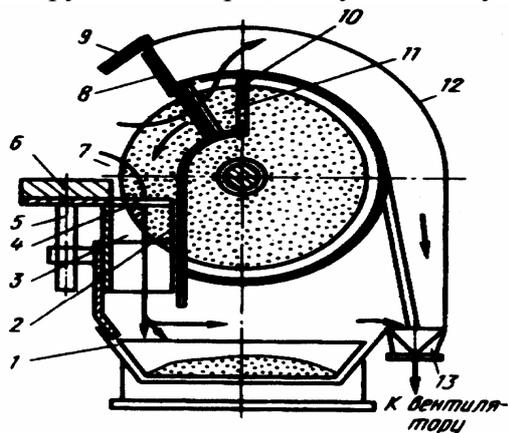
В крупных вагранках целесообразно дожигать окись углерода с использованием выделяющегося тепла в специальных рекуператорах для подогрева воздуха, обычно не выше, чем до 160-190 °С. Схема очистки газов открытой вагранки, предусматривает термическое дожигание СО, мокрую очистку газов от пыли и улавливание капельной влаги жалюзийными фильтрами при естественной тяге газового тракта. При наличии в газах диоксида серы воду подщелачивают, а для обезвоживания шлама применяют фильтр-прессы.

Для очистки ваграночных газов большой производительности применяют более сложные аппараты газоочистки – циклоны с промывкой, скрубберы Вентури, электрофильтры. За рубежом для очистки ваграночных газов применяют и тканевые фильтры.

Искрогасители и очистные устройства с водяными завесами обеспечивают эффективность соответственно 60 и 70%; эффективность очистки газов в циклонах около 85%. Наиболее эффективны скрубберы Вентури с фильтрами или электростатическими ловушками, которые обеспечивают степень очистки ваграночных газов 95-99%.

Отвод и очистку газов от электропечей осуществляют методами, рассмотренными в п.19.3.

При очистке отливок выделяется значительное количество абразивно-металлической пыли, для удаления которой применяются кожухи-пылеуловители (рисунок 53). Принцип работы такого пылеуловителя заключается в том, что через центральное всасывающее окно воздух поступает в верхнюю и нижнюю часть кожуха. Из верхней части под действием разрежения, создаваемого аспирационной системой, он проходит в отсасывающие торцевые каналы, а оттуда через вытяжной патрубок в систему. Из нижней части воздух удаляется, захватывая особой абразивно-металлическую пыль, в вертикальный канал, где крупные частицы пыли выпадают, оседают в выдвижной ящик, а мелкая пыль вместе с воздухом поступает через вытяжной патрубок в аспирационную систему.



1-выдвижной ящик для сбора пыли; 2-абразивный круг; 3-вертикальный канал; 4-всасывающее окно; 5-телескопическое соединение; 6-подвижной подручник; 7-зона резания; 8-защитный щиток; 9-защитный экран; 10-перегородка; 11-торцевой канал; 12-корпус; 13-вытяжной патрубок

Рисунок 53 - Кожух-пылеуловитель

Кроме выбросов из вагранок в литейном цехе происходит выделение вредных выбросов, которые улавливаются, очищаются и удаляются аспирационными системами.

Некоторые технологические процессы литейного производства затрудняют осуществление аспирационной вентиляции, так как на стенках аспирационного и пылеулавливающего оборудования откладывается влажная слипающаяся пыль. Уменьшить прилипающую способность пыли возможно путем нанесения на поверхность аспирационных систем гидрофобной эмали или лакокрасочных покрытий. Применение теплоизоляции воздуховодов, обогрев их, например, гибкими электрическими нагревательными лентами, правильный подбор скоростей воздуха позволяют исключить зарастание воздуховодов пылевидными отложениями.

Очистка аспирационного воздуха, содержащего налипающие пыли, производится в мокрых и инерционных аппаратах, а также в зернистых и цепных фильтрах, где предусмотрена возможность очистки внутренней полости аппарата от пыли.

## **21.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами литейного производства**

В литейных цехах вода используется для очистки газов ваграночных вентиляционных систем, для охлаждения оборудования, гидрорегенерации песка, грануляции шлаков, транспортировки отработанных смесей, приготовления формовочных и стержневых смесей, красителей, при гидравлической и электрогидравлической очистке отливок. При этом происходит загрязнение сточных вод различными химическими соединениями (такими, как хлориды, сульфиды, соединения аммиака, аммония), маслами, смолообразными продуктами, фенолом, а также взвешенными частицами, состоящими из чугуна, оксидов железа, известняка, доломита, графита, глинозема и других веществ.

Производственные сточные воды литейных цехов (ПСВ) подразделяются на условно чистые (ПСВч) и загрязненные (ПСВг). Условно чистые сточные воды - это воды, которыми охлаждается технологическое оборудование. Они направляются для охлаждения в заводские пруды или градирни, а затем после очистки от механических загрязнений и масел вновь возвращаются в производство. Естественная убыль воды из-за испарения незначительна и пополняется свежей водой.

Для очистки загрязненных сточных вод применяются механические, химические, физико-химические (флотационные, экстракционные, электрохимические, сорбционные), термические и комбинированные методы. Механические методы применяют для очистки вод от грубо-дисперсных примесей и масел, для чего используют отстойники, решетки, песколовки, фильтры, гидроциклоны, центрифуги. Для нейтрализации щелочных вод используют добавки кислоты (обычно серной). Нейтрализацию кислых сточных вод осуществляют щелочными растворами, но чаще известковым молоком. Применяется также метод, основанный на взаимной коагуляции примесей при смешении нейтрализованных и маслосодержащих стоков с добавлением 0,1% полиакриламида и дальнейшем отстаивании.

В литейном производстве часто используют двух- или четырехступенчатую схему очистки сточных вод. Сначала вода очищается в заглубленных отстойниках, далее в гидроциклонах, а затем в фильтрах различной конструкции. Для окончательной очистки (четвертая ступень) применяется один из физико-химических методов.

Наиболее оптимальным решением является организация системы оборотного водоснабжения: в эту систему включается ряд очистных сооружений и установок, позволяющих организовать замкнутый цикл использования производственных вод. На рисунке 54 представлена одна из систем оборотного водоснабжения, используемая в литейном производстве.

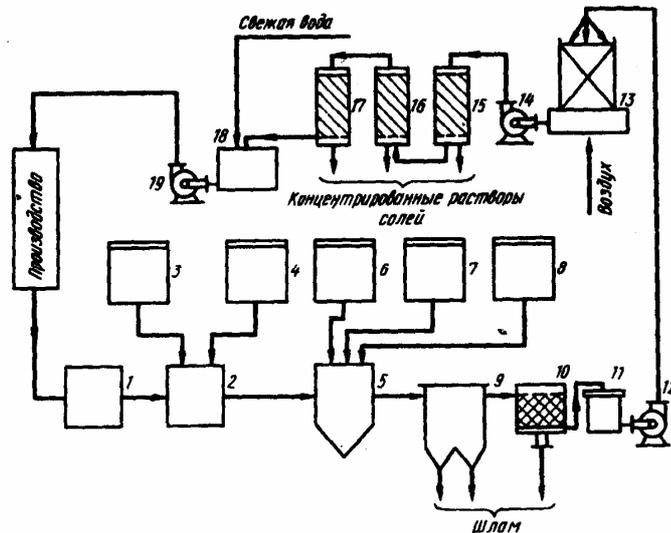


Рисунок 54 - Схема замкнутой системы оборотного водоснабжения в литейном производстве

Вода из систем охлаждения через усреднитель 1 поступает в нейтрализатор 2, в котором в зависимости от кислотности среды нейтрализуется кислотой в мернике 3 или щелочным раствором в мернике 4. Нейтрализованная вода направляется в смеситель 5, в котором смешивается с раствором коагулянтов, соды и хлорной воды, подаваемыми соответственно из мерников 6-8. Для отделения осадка гидроксидов металлов и солей, а также взвешенных частиц вода поступает в осветлитель 9, кварцевый фильтр 10 и собирается в приемнике очищенной воды 11. Насосом 12 очищенная вода подается в градирню 13, где она охлаждается воздухом, после чего с помощью насоса 14 поступает на сорбционную очистку. Адсорбционные колонны 15, 16 заполнены катионитами, а колонна 17 анионитами. После очистки от катионов вода поступает в емкость 18, куда при необходимости подается свежая вода. Насосом 19 вода возвращается в производство.

### 21.3 Уменьшение вредных выбросов литейного производства технологическим путем

Одним из путей уменьшения вредных выбросов литейного производства является совершенствование ведения технологических процессов. Основным способом литья по-прежнему остается литье в песчаные формы (около 2/3 всего литья). Широко применяется также литье в кокиль, в оболочковые формы и по выплавляемым моделям.

С целью снижения вредных выбросов в литейном производстве осуществляются: замена вагранок на индукционные печи; замена литья в разовые песчаные формы на специальные способы литья (под давлением, по выплавляемым моделям и др.); применение вместо песчано-глинистых таких самотвердеющих смесей, как химически твердеющие (СО<sub>2</sub>-процесс), пластичные самотвердеющие (ППС), холоднотвердеющие (ХТС), быстрохолднотвердеющие (БКТС), горячо-твердеющие (ГТС), наливные самотвердеющие (НСС), жидконаливные самотвердеющие (ЖСС), а также использование в сушилках, печах, горнах взамен твердого и жидкого топлива природного газа.

Большое значение для снижения выбросов имеют автоматизация процессов, сопровождающихся выделением пыли, таких, например, как изготовление формовочной смеси, распределение ее по бункерам, прием и отвод отработанной смеси из-под выбивных решеток, что позволит частично или полностью герметизировать эти участки; применение передвижных пылеуборочных установок; механизация пылеуборочных работ с помощью автономных пылеуборочных машин — мокрым способом (гидросмывом), пневматическим способом (посредством вакуумных централизованных пылеуборочных установок); внедрение для перемещения пылевидных и порошковых материалов пневматического транспорта.

Значительно снизить количество выбрасываемой пыли позволяет применение гидравлической и электрогидравлической очистки литья, а также крепителей с минимальным содержанием серы и других вредных компонентов.

Отходами литейного производства являются: шлаки, образующиеся при выплавке чугуна; шлам, образующийся при мокрой очистке газов открытой вагранки, и осадки сточных вод. Шлаки после грануляции используются в строительстве, в производстве строительных материалов. Шлам, обезвоженный после газоочистки и подсушенный в специальной камере, возвращается в вагранку или применяется для других целей. Осадки сточных вод (шламы) используются в качестве раскислительной лигатуры в металлургическом производстве, так как они содержат до 22% железа, до 6% хрома, до 27% оксида кальция, до 17% оксида магния, до 18% кремния, до 5% никеля.

## **Лекция 22 Защита окружающей среды от вредных воздействий прокатного производства**

22.1 Защита атмосферы от вредных выбросов прокатного производства

22.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами прокатного производства

22.3 Уменьшение вредных выбросов прокатного производства технологическим путем и утилизация отходов

### **22.1 Защита атмосферы от вредных выбросов прокатного производства**

Около 90% всей выплавленной стали поступает на прокатку. Прокатка - это деформация металла, сдавливание его вращающимися валками.

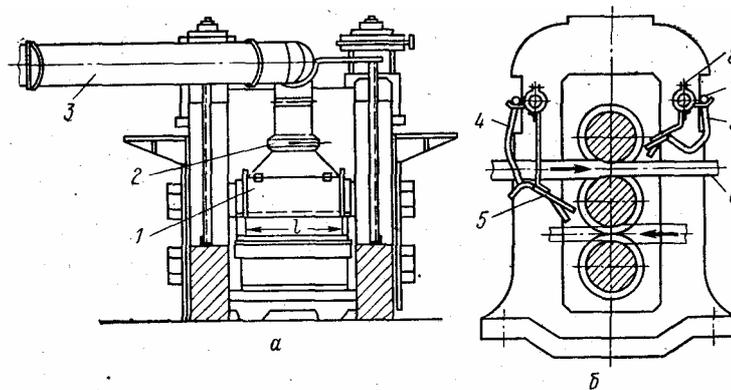
По сравнению с другими переделами черной металлургии в прокатном производстве образуется меньше пыли и газов. В среднем общий выброс пыли от всех источников пылеобразования составляет около 200 г/т товарного проката без огневой зачистки и 500-2000 г/т при наличии огневой зачистки. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в прокатном производстве являются нагревательные печи, машины огневой зачистки и травильные агрегаты, а также станы горячей прокатки, над которыми образуются пылевыбросы (2,0-18,0 г/т проката), содержащие окалину (оксиды железа) и другие металлы в зависимости от степени легирования стали и сплава. Эти выбросы поступают через аэрационный фонарь в атмосферу.

Выбросы нагревательных печей содержат оксиды азота. Из машин огневой зачистки с отсасываемым через их укрытия газом выносятся пыль, которая содержит до 90% оксидов железа. Для очистки дымовых газов нагревательных печей прокатных цехов от оксидов азота предусматриваются ванадиевые катализаторы, встроенные в котлы-утилизаторы. В настоящее время в основном применяются высокие дымовые трубы, при этом обеспечивается приземная концентрация в пределах ПДК.

При горячей прокатке металла пыль образуется в результате измельчения окалины валками и испарения вследствие мгновенного увеличения давления и повышения температуры. Количество выделяющейся пыли на 1 т проката листа составляет до 100 г/т. Часть пыли (~20%) мелкодисперсная (размер частиц < 10 мкм).

На слябовых, блюмовых и сортовых станах наиболее интенсивное пылевыделение происходит на первых проходах.

Локализацию и удаление пыли, выделяющейся при прокатке, осуществляют различными способами. В мелких прокатных станах устанавливают зонты на высоте 2,4 м, чтобы не мешать обслуживанию стана (рисунок 55, а). Так как скорость воздуха в отверстии зонты должна быть не менее 2 м/с, и ширина зонты должна быть равна или немного менее ширины клетки стана, конструкция получается громоздкой. Кроме того, расходы воздуха (100-900 тыс. м<sup>3</sup>/ч) вследствие больших присосов и энергии значительны.



1-зонт; 2-бесфланцевое соединение; 3-воздухопровод запыленного воздуха; 4-гибкий шланг; 5-двухрожковое сопло; 6-прокатываемый металл; 7-водопроводная труба; 8-сдвижной хомут

Рисунок 55 - Обеспыливание клетей прокатных станов

На многих заводах проблему обеспыливания пытались решить, применяя гидрообеспыливание. Процесс осуществлялся форсунками с тонким распылением воды, механическим и пневматическим, равномерным орошением мест пылевыведения через дырчатые трубы и т.п. Подобные способы не дали положительных результатов.

Наилучшие результаты показал смыв пыли компактной струей воды (рисунок 55, б) в месте её образования. Вода подавалась на прокатываемый металл в месте выхода его из валков и отводилась по специальному желобу. При прокате листа толщиной 2 мм коэффициент обеспыливания составлял 98-99%. При этом дополнительного, нежелательного охлаждения листа практически не происходило.

При гидросмыве ориентировочный расход воды на блюм равен 40, сляб – 30, на одну клеть листового стана – 6-10, непрерывного сортопрокатного стана – 2 и на один проход на раскатном стане – 1 м<sup>3</sup>/ч.

При прокатке специальных сталей подача воды недопустима. В этом случае следует применять вентиляционные системы с зонтами.

При холодной прокатке металла на валки стана для охлаждения подается эмульсия. Часть эмульсии испаряется из-за разогрева валков и в виде паров распространяется по цеху, конденсируясь на конструкциях и оборудовании. Пары эмульсии очень агрессивны и наносят большой вред оборудованию, особенно электроаппаратуре и отопительным агрегатам.

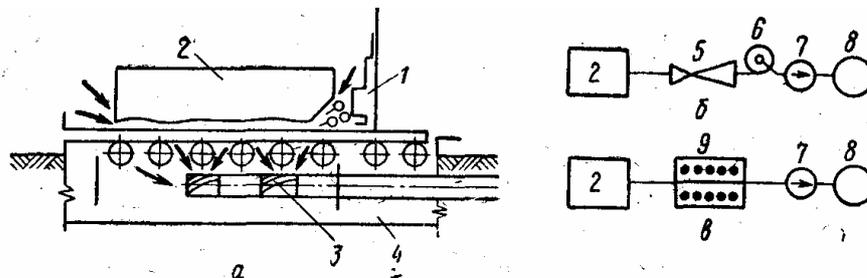
Для локализации паров эмульсии на стане холодной прокатки предусматривают укрытия, из которых отсасывается 25 000-40 000 м<sup>3</sup>/ч воздуха на каждое межклетевое пространство, 70% из верхней зоны и 30% - из нижней.

Для защиты улавливающих аппаратов от отложений эмульсии необходимо как можно ближе к стану устанавливать два поочередно работающих сетчатых фильтра, регенерация которых осуществляется разогревом паром и промывкой щелочным раствором.

Зачистка поверхности заготовки осуществляется при помощи щелевых горелок в результате расплавления и частичного сгорания верхнего слоя металла толщиной 1-3 мм.

Одна часть расплавленного металла гидросбивом смывается в лоток, расположенный под рольгангом, и водой транспортируется в яму для окалины. Другая часть испаряется, сгорает и в виде пыли уносится вместе с отсасываемым газом (рисунок 56, а).

Количество газов, отсасываемых от машины огневой зачистки, с учетом разбавления воздухом составляет 50 000-250 000 м<sup>3</sup>/ч в зависимости от размеров головки. Совместно с газом из машины выносится большое количество мелкодисперсной пыли, концентрация которой обычно составляет 3-6 г/м<sup>3</sup>, в отдельные периоды повышаясь до 10-12 г/м<sup>3</sup>. Пыль в основном содержит окислы железа, 75-90%.



1-машина огневой зачистки; 2-укрытие; 3-газоотводящий тракт; 4-канал для гидросмыва; 5-труба Вентури; 6-каплеуловитель; 7-дымосос; 8-дымовая труба; 9-электрофильтр

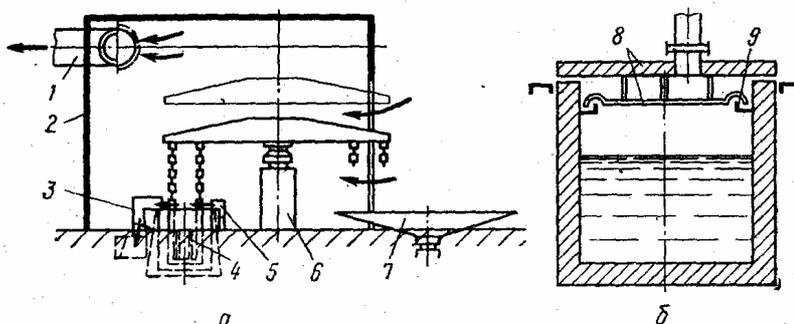
Рисунок 56 - Схема укрытия, отвода и очистки газов от машин огневой зачистки (МОЗ)

Для очистки газов машин огневой зачистки применяются скрубберы Вентури, электрофильтры. Схема очистки со скрубберами Вентури показана на рисунке 56,б. Если на предприятии имеется возможность разместить электрофильтры, предпочитают их установку, так как малые эксплуатационные расходы и отсутствие водопотребления дают меньшие приведенные затраты по сравнению с мокрыми газоочистками. Схема очистки газа от пыли с электрофильтром представлена на рисунке 56,в.

Для удаления окалины с поверхности горячекатаных изделий на большинстве заводов применяют травление в серной или соляной кислоте, которое можно осуществлять периодически и непрерывно.

При травлении металлов в кислотах в атмосферу выделяется большое количество вредных газов и паров: оксиды азота (до  $400 \text{ кг/м}^3$ ), фтористый водород (до  $100 \text{ мг/м}^3$ ), пары серной кислоты (до  $200 \text{ мг/м}^3$ ), соли металлов.

Периодическое травление применяют в трубном производстве и при подготовке листов к нанесению защитных покрытий (например, оцинкование). На рисунке 57,а изображен агрегат карусельного типа, для обслуживания которого практически не требуется сменный персонал.

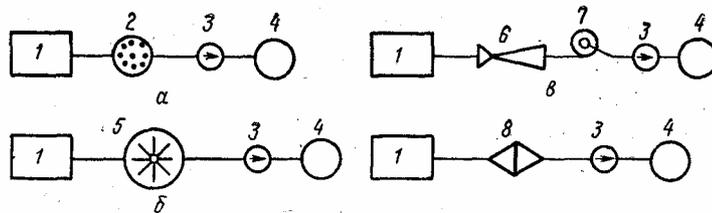


1-вытяжной воздуховод; 2-ограждение травильных ванн; 3-бортовой отсос; 4-корзина с листами; 5-передув паров; 6-подъемно-поворотный механизм; 7-платформа для подачи и приема корзин с листами; 8-двойная крышка; 9-гидравлические затворы у бортов

Рисунок 57- Борьба с выбросами паров в травильных отделениях

В агрегатах непрерывного травления полоса проходит четыре травильные ванны, со щелочным раствором и водой, осушку горячим воздухом, после чего сматывается в рулоны. Для уменьшения выделений паров кислот из ванн ванны снабжают двойными крышками и гидравлическими затворами у бортов (рисунок 57,б). Также сокращению испарений способствуют пенообразующие добавки. Применение пенообразователей из расчета  $1 \text{ кг/м}^3$  раствора снижает испарения в 300-400 раз.

Для обезвреживания выбросов травильных агрегатов применяется газоочистные системы, где могут использоваться пенные аппараты (рисунок 58, а), полые скрубберы (рисунок 58, б), низконапорные скрубберы Вентури (рисунок 58, в) и фильтры из винипластовых сеток (рисунок 58, г).



1-травильное отделение; 2-пенный фильтр; 3-дымосос; 4-дымовая труба; 5-скруббер; 6-труба Вентури; 7-каплеуловитель; 8-фильтр из винипластовых сеток

Рисунок 58 - Возможные схемы очистки газов травильных отделений от паров кислот

Для обезвреживания кислотных испарений может использоваться система, служащая для адсорбции кислых компонентов щелочными растворами. Эта система состоит из полного скруббера с эвольвентными форсунками, каплеуловителя, циркуляционного сборника, группы насосов-дозаторов и дымососов. Скорость газов в аппарата 6 м/с, степень очистки от оксидов азота - не менее 80%, от кислот - выше 90%.

Аналогичная установка применяется для очистки газов гальванических ванн от  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{F}$ ,  $\text{HN}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$ , паров ртути, хромового ангидрида ( $\text{CrO}_3$ ). Используются фильтры из синтетических волокнистых материалов, полученных иглопробивным способом, а также ионообменных смол в виде гранул.

## 22.2 Защита естественных водоемов от загрязнения сточными водами прокатного производства

Образующиеся в прокатном производстве сточные воды составляют от 30 до 50% общего их количества, образующегося на предприятии с полным металлургическим циклом (производство кокса, агломерата, ферросплавов, чугуна, стали, проката). Сточные воды образуются при охлаждении валков, их шеек и подшипников, смыве и транспортировке окалины, а также при охлаждении пил, ножниц и других вспомогательных механизмов. В трубопрокатном производстве образование сточных вод дополнительно связано с гидравлическим испытанием труб. Сточные воды содержат окалину, масло, эмульсию, кислоты, токсичные вещества. Вода загрязняется окалиной при гидросмыве и гидросмыве.

При химической и электрохимической обработке металлов (травлении, нанесении покрытий и т.д.) образуются сточные воды, содержащие химические загрязнения. Объем сточных вод при травлении металла зависит от вида обрабатываемых изделий и в среднем составляет  $3 \text{ м}^3/\text{т}$  металла, обработанного кислотой. Объем промывных вод достигает  $300\text{-}400 \text{ м}^3/\text{ч}$  и более. В сточных водах содержатся соединения аммония, кислоты, металлы, сероводород, кремний, сульфаты, хлор, хлориды, сульфиды и др.

Окалиносодержащие сточные воды в основном осветляются. Этот процесс идет в два этапа: вначале сточные воды проходят отстойники глубокого осветления, во вторичных отстойниках происходит более тонкая очистка. Помимо отстойников, для очистки окалиносодержащих сточных вод используют гидроциклоны.

В прокатном производстве на станах горячей прокатки используется система оборотного водоснабжения. В настоящее время на современных предприятиях предусматривается трехступенчатая система очистки оборотной воды. Первая ступень включает яму для окалины, радиальные отстойники с камерами флокуляции (для укрупнения механических примесей) и сетчатые фильтры. В качестве второй ступени очистки в системе предусматриваются отстойники со встроенными камерами хлопьеобразования гидроциклонного типа. На третьей ступени очистки (тонкая очистка окалины и маслосодержащих сточных вод) применяются специальные фильтры: антрацито-кварцевые или с плавающей пенополистирольной загрузкой.

В цехах холодной прокатки используется система оборотного водоснабжения с очисткой воды от технологических смазок, эмульсий и механических примесей. Необходимая степень очистки достигается сочетанием последовательной очистки в

горизонтальных отстойниках и в установке флотации с последующей доочисткой на фильтрах.

Всплывающие масла удаляются с поверхности отстойников специальными скребковыми транспортерами.

В трубопрокатном производстве для глубокой очистки обезжиренных сточных вод применяют фильтрацию и последующую электрофлотацию.

При травлении металлов различными кислотами образуется большое количество высокоминерализованных отработанных травильных растворов и промывных вод. Для получения товарной продукции и использования очищенных вод (после их доочистки) в системах оборотного водоснабжения применяется реагентная обработка таких стоков. Для сернокислотных отработанных травильных растворов применяются следующие виды обработки: нейтрализация аммиаком (продуктами нейтрализации являются аммиачная соль серной кислоты, т.е. сульфат аммония –  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  и  $\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  - магнетит); вакуум-кристаллическая обработка (продуктами нейтрализации являются семиводный железный купорос –  $\text{FeSO}_4\cdot 7\text{H}_2\text{O}$  и маточный раствор серной кислоты); известкование (реагент - известковое молоко) и комбинированный метод (вакуум-кристаллический + известкование). Аммиачная селитра (сульфат аммония) является минеральным удобрением, а магнетит нашел широкое применение в производстве лаков и электротехнических изделий. Семиводный железный купорос применяется в различных отраслях промышленности; маточный раствор серной кислоты нейтрализуется известью.

В качестве реагента для нейтрализации сточных вод, содержащих кислоты, используются любые щелочи и их соли (известняк, доломит, мрамор, мел, едкий натр, едкое кали, известь, магнезит, сода и др.). Наиболее дешевым реагентом является гидроксид кальция. Более надежная защита водоемов от загрязнений обеспечивается при использовании технологии нейтрализации с помощью аммиака (аммиачной воды), так как в этом случае возможна нейтрализация не только простых, но и сложных по составу сернокислотных отработанных травильных растворов, содержащих соли железа, никеля, кобальта, хрома, молибдена и других металлов.

Регенерация отработанных солянокислотных травильных растворов вызывает затруднения в силу того, что эти растворы содержат значительное количество солей различных металлов и других примесей. При регенерации этих растворов получают хлор, хлористый водород или соли (в зависимости от метода регенерации). Если отработанный солянокислотный травильный раствор содержит примеси лишь одного металла, то такой раствор поступает в камеру распылительной сушилки, в которой соли и оксиды собираются в осадок, а соляная кислота улавливается в виде 16-18%-ного раствора.

В случае, когда в отработанных солянокислотных растворах содержатся соли двух различных металлов, например железа и цинка, они подвергаются обработке ионообменным фильтрованием с движущимся слоем адсорбента. На адсорбенте компоненты разделяются: соли одного металла задерживаются ионообменными смолами, соли другого вместе с раствором подаются в камеру распылительной сушилки. Смола, содержащая соли одного из металлов, подается в десорбер, где последовательно обрабатывается 30%- и 20%-ным раствором серной кислоты. Из этого раствора металл извлекается электролитическим способом, а восстановленная серная кислота возвращается в производственный цикл.

Разработан метод, позволяющий отработанные солянокислотные травильные растворы направлять на регенерационную установку для термического разложения солей  $\text{FeCl}_2$  с получением газообразного  $\text{HCl}$ . Проходя через электрофильтр, газы очищаются от оксида железа, и направляются на абсорбцию. Отработанные промывные воды поступают в абсорбционную колонну установки регенерации для насыщения их полученным газообразным  $\text{HCl}$ . В результате получается регенерированная соляная кислота, которая вновь возвращается в технологический цикл. Замкнутый цикл травления металлов с промывкой его каскадным методом с повторным многократным использованием промывной воды — регенерация позволяет исключить сброс промывных вод в очистные сооружения предприятия.

Промывочные кислотные сточные воды нейтрализуются известковым молоком, после чего осветляются в отстойниках. Шлам сбрасывается в шламонакопители или обезвреживается на фильтр-прессах. Осветленная вода используется в технологическом цикле.

Для обезвреживания сточных вод, образующихся при химико-термической обработке металлов (хромировании, цианировании, силицировании и др.), применяются электрохимические методы. Для обезвреживания цианосодержащих сточных вод используются также известковое молоко, жидкий хлор, гипохлорит натрия, гипохлорит кальция, хлорная известь, марганцовокислый калий, перекись водорода и др.

### 22.3 Уменьшение вредных выбросов прокатного производства технологическим путем и утилизация отходов

В прокатном производстве вопросы охраны окружающей среды неразрывно связаны с производственными процессами, оборудованием, организацией производства и наиболее эффективно решаются разработкой прогрессивной технологии. Определяющими факторами являются: точное ведение технологического процесса; систематический контроль за основными параметрами нагревательных печей и прокатного оборудования; устройство систем оперативной сигнализации об экстремальных условиях технологических процессов и о состоянии агрегатов и оборудования. В связи с этим большая роль в решении вопросов точного ведения технологических процессов и предотвращении аварийных ситуаций, выбросов вредных веществ принадлежит рабочим основных профессий прокатных цехов: нагревальщикам металла, вальцовщикам-операторам, резчикам металла, термистам, рабочим, обслуживающим травильные отделения.

Таблица 20 - Утилизация отходов прокатного производства

Наименование отхода, внешний вид и консистенция	Наиболее токсичные компоненты отходов	Методы утилизации, обезвреживания, захоронения
Растворы отработанные травильные прокатных цехов, жидкие	Соляная кислота, соединения меди и хрома	Применяется нейтрализация, передача шлама в отвал. Рекомендуется получение хлорного железа, соединений меди, хрома и т.д.
Воды промывные травильного отделения, жидкие	Соляная кислота	Применяется нейтрализация, передача шлама в отвал. Рекомендуется извлечение хлорного железа, меди, хрома и т.д.
Отходы регенерации эмульсии и смазочно-охлаждающих жидкостей; шлам	Эфирно-экстрагируемые вещества	Сжигание, захоронение или термическое обезвреживание на полигоне промтоходов
Отработанные эмульсии, жидкость	«	Применяются регенерация и безотходная технология
Окалина прокатного производства; твердый отход	Оксиды железа	Применяются как добавка в шихту
Шламы и пыли железосодержащие пылегазоочистных сооружений; шлам	Оксиды железа	Применяются как добавка в агломерационную шихту и в производстве стройматериалов

Решение вопросов охраны окружающей среды связано с созданием механизированных и автоматизированных прокатных станков, преимущественно непрерывных и полунепрерывных; механизацией всех операций на складах заготовок и готовой продукции; герметизацией нагревательных печей; использованием нагревательных печей с шагающими балками, оборудованными экономичными плоскопламенными горелками; применением гидросбива окалины; устройством аспирационных систем над прокатными клетями для удаления окалины содержащей пыли.

Для снижения вредных выбросов в травильных отделениях и отделениях покрытий (цинкования, алюминирования и др.) прокатных цехов устанавливаются агрегаты непрерывного действия с герметизацией всех ванн, машин и аппаратов и удалением вредных выбросов с помощью систем вытяжной вентиляции.

В трубном производстве получают распространение прогрессивные способы непрерывной прокатки труб, механизированные и автоматизированные многониточные станы холодной прокатки и волочения, поточные линии отделки с приборами неразрушающего контроля труб. Использование полифосфатной смазки позволяет устранить вредные выделения газов и улучшить условия протекания технологического процесса при обжиге гильзы в непрерывном трубопрокатном стане.

Отходы прокатного производства утилизируются, перерабатываются или размещаются в окружающей среде. В таблице 20 представлены данные о методах утилизации отходов прокатных цехов.

### **Лекция 23 Перспективы развития малоотходных производств в черной металлургии**

23.1 Основные направления сокращения выбросов и отходов предприятий черной металлургии

23.2 Новые направления металлургического производства

#### **23.1 Основные направления сокращения выбросов и отходов предприятий черной металлургии**

Технический прогресс в черной металлургии и решение задач по охране окружающей среды осуществляются по двум основным направлениям. Первое - создание таких процессов производства и обработки металла, которые бы резко снизили его расход. Это направление активно развивается, решая экологические и экономические задачи. Второе направление связано с созданием безотходных и экологически безопасных процессов получения черных металлов. В этом случае требуется радикальное изменение технологии, создание принципиально нового оборудования и процессов.

Безотходная технология - технология, предусматривающая использование всех видов исходного сырья при максимальном использовании тех отходов, которые образуются в данном технологическом процессе как дополнительные материальные ресурсы. Малоотходная технология - технология, которая не причиняет вреда окружающей среде. При ней остаточный экономический убыток составляет не более 15% возможного. Понятие безотходной технологии в некоторой степени условно, поскольку в ряде случаев она не может быть реализована полностью, но с развитием техники и технологии производства металла непрерывно совершенствуется.

Безотходная технология имеет несколько аспектов, важнейшие из которых следующие: экологический, ресурсный, технологический и технический, экономический и организационный. Экологический аспект состоит в том, что геохимическая деятельность человека значительно переросла рекреационную способность природы. Ресурсный аспект заключается в том, что в отличие от природных, минеральные ресурсы не восстанавливаются. Технологический и технический аспекты включают понятия возможности полного и максимально возможного использования сырья.

Безотходная технология предусматривает рациональное использование не только минерального сырья, но и других природных ресурсов, и в первую очередь воды. К технологическим и техническим аспектам относится проблема очистки и утилизации пыли и газов металлургических производств.

Экономические и организационные моменты аспекта заключаются в том, что существующая методология оценки этой технологии базируется в основном на отраслевом экономическом эффекте освоения месторождения, при определении которого не всегда учитываются все факторы, оказывающие влияние на работу народного хозяйства по охране окружающей среды. Один из таких факторов - отсутствие цены на разведанные полезные ископаемые и на земли, отчуждаемые под горные работы и строительство предприятий по переработке полезных ископаемых. Часто несовершенная технология переработки руд вовлекаемого в эксплуатацию месторождения, на базе которого проектируется предприятие, предусматривает извлечение только одного компонента, хотя минеральное сырье является комплексным. В этом случае экономические, технологические и технические интересы входят в противоречие и решения принимаются в основном с учетом фактора времени. Очевидно, что при таких обстоятельствах отходы, содержащие ценные компоненты, должны быть оценены в качестве вторичного сырья.

Безотходная технология - качественно новая ступень развития промышленного производства, требующая более совершенной системы его организации.

Имеющиеся безвозвратные потери в виде не уловленных пыли и шламов - следствие технического несовершенства улавливающих устройств, с развитием и совершенствованием техники и технологии эти потери непрерывно уменьшаются.

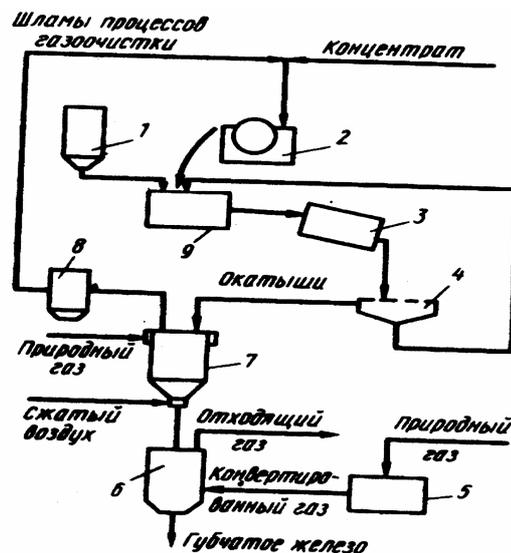
Примером наиболее перспективной малооперационной технологии, относящейся к первому направлению, является порошковая металлургия. Это - область металлургии, охватывающая совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них без расплавления основного компонента (именно при расплавлении происходит выделение вредных веществ). Методами порошковой металлургии получают тугоплавкие металлы и твердые сплавы, пористые и антифрикционные материалы, электротехнические и конструкционные сплавы и композиции.

Решение экологических задач в металлургии связано с переходом не только к малооперационной технологии, но и к прямым и непрерывным процессам (получение железа без использования кокса, непрерывное литье).

Значительно уменьшает вредные выбросы в атмосферу бескоксовый способ получения железа путем непосредственного восстановления его из руды водородом или конвертированным природным газом. При этом исключаются такие особенно загрязняющие атмосферу переделы, как доменный и коксохимический.

Технологический процесс бескоксовой металлургии железа заключается в следующем (рисунок 59): полученный обогащением бедных руд магнетитовый концентрат (>70% Fe) в виде порошка смешивается с бентонитом (специальной глиной) и известняком, выполняющим в процессе роль флюса, и передается в окомкователь для получения железорудных окатышей (диаметром около 10 мм).

Процесс получения губчатого железа осуществляется в противотоке. В шахтную печь сверху загружаются железорудные материалы, а снизу подается природный газ, подвергаемый специальной обработке - конверсии, в результате которой он разлагается на водород и оксид углерода. При 1100 °С окатыши восстанавливаются в губчатое железо (95% Fe; ~ 1% C). После охлаждения губчатое железо (пористое, похожее на губку) передается на плавку. Шламы процессов газоочистки направляют в отстойники для получения пульпы, используемой в качестве сырья при производстве окатышей.



1-бункер флюса; 2-дисковый фильтр; 3-барабанный окомкователь; 4-грохот; 5-установка конверсии; 6-шахтная печь для получения губчатого железа; 7-печь для обжига окатышей; 8-циклон; 9-смеситель

Рисунок 59 - Схема производства губчатого железа

На Оскольском электрометаллургическом комбинате процесс получения стали состоит из двух стадий: первая - приготовление из железорудного концентрата окисленных окатышей и их металлизация и вторая - выплавка из них стали. В данной схеме производства доменная плавка, вынуждающая металлургов иметь дело с расплавленным чугуном и шлаком, заменяется значительно более простым в управлении и обслуживании процессом металлизации окатышей. Этот процесс безопаснее и для природы и для обслуживающего персонала, позволяет отказаться от постоянно дорожающего кокса, а значит, и от сложного хозяйства коксохимических, агломерационных и доменных цехов. Выплавленная бездоменным способом сталь содержит значительно меньше серы и фосфора, ненужных цветных металлов, что повышает её механические, физические и технологические свойства. При подобном способе производства стали значительно ниже трудозатраты, снижается себестоимость стали. Что касается экологических проблем – практически отсутствуют «обязательные» атрибуты металлургического производства – пыль, грязь, шум; кроме того, процессы прямого получения железа легко поддаются механизации и автоматизации.

Энерготехнологическое производство бескоксowego получения чугуна рассчитано на комплексное использование минерального сырья для нужд теплоэнергетики и черной металлургии и наиболее эффективно при создании новых промышленных производств.

Ещё одна экологически чистая энергосберегающая технология - газлифтный вариант бескоксowego получения чугуна из окисленных железных руд. Основа процесса - непрерывная восстановительная плавка при 1500-1600 °С в плавильном агрегате при газлифтном перемешивании шлакового расплава. Сырье (уголь и руда) подается в шлаковый расплав. При таком режиме происходит процесс интенсивного теплообмена. В качестве восстановителя могут использоваться угли различной стадии метаморфизма. Железосодержащее сырье не требует предварительного агломерирования. Плавка может проводиться с получением чугуна, содержащего 2-3% углерода. Извлечение железа из сырья в чугун составляет более 98%. При установке дополнительной газлифтной приставки для рафинирования чугуна возможно бесконверторное получение стали. Технология предусматривает получение наряду с чугуном концентратов цинка, свинца, титана, ванадия, в случае железомарганцевых руд - ферромарганца и т.п. Получаемый непрерывно пар можно направить для производства электроэнергии. Шлак используется для получения минеральной ваты, черепицы, брусчатки, теплоизоляционных плит, кирпича.

Сравнительная технико-экономическая оценка бескоксового получения чугуна в газлифтной печи и доменного производства показывает, что газлифтная технология требует значительно меньших капитальных затрат; имеет более низкие эксплуатационные издержки; позволяет использовать сырье без значительного передела; резко снижает затраты на подготовительные производства и объемы вредных выбросов в атмосферу. В связи с этим значительно снижается себестоимость продукции. При использовании технологии бескоксового получения чугуна в газлифтной печи возможно расширение сырьевой базы за счет переработки шламов аглодоменного и сталеплавильного производства, красных шламов глиноземного производства, отходов сернокислотного производства в виде серных огарков, железосодержащих отходов цветной металлургии. При этом попутно могут извлекаться цветные (цинк, свинец), редкие и благородные металлы.

Применение метода непрерывного литья заготовок сокращает цикл металлургического производства, ведет к снижению вредных выбросов, повышает качество отливок. Эффективность этого метода еще более возрастает при объединении процесса литья с прокаткой в одном агрегате. При такой технологии используется первичная теплота слитка для его деформации, исключается промежуточное складирование металла и достигается полная непрерывность процесса - от жидкого металла до готового проката, значительно снижается количество выбросов.

Резкому сокращению выбросов способствует внедрение специальной электрометаллургии, которая включает различные прогрессивные способы производства и улучшения качества металла (плавка в дуговых, вакуумных печах, электрошлаковый переплав, электронно-лучевая плавка и др.). Отличительной особенностью, например, плазменной металлургии, являются высокая производительность процессов, уменьшение количества отходов, возможность автоматического управления процессом, точное воздействие на состав и свойства получаемых продуктов. Следует отметить эффективность плазменной техники для восстановления железных руд.

Один из радикальных способов преобразования сталеплавильного, производства - это переход к установкам, которые производили бы металл непрерывно.

Проведенные в 70-80-е годы XX века исследования показали, что такой процесс, основанный на существующих технологиях должен быть многоступенчатым и включать в себя рудовосстановительную плавку, плавление скрапа, десульфурацию, окисление растворенных в металле примесей [Si, Mn, P], обезуглероживание, раскисление, дегазацию, доводку до заданного состава и разливку (на МНЛЗ).

Отвечающий требованиям агрегат - сталеплавильный агрегат непрерывного действия (САНД) - проходил технические испытания в НПО «Тулачермет». Данный агрегат состоит из нескольких емкостей - реакторов, образующих каскад. В каждом реакторе происходит определенный процесс. В одном реакторе удаляется сера, в другом - марганец и кремний, в третьем - металл обезуглероживается, в четвертом - его раскисляют и легируют. Переходя с одной ступени на другую, металл постепенно очищается, и чугун превращается в сталь. Процесс приближается к безотходному, так как образующиеся газообразные продукты химических реакций удаляются по газходам в камеру дожигания. Шлак сливается с помощью специальных устройств и направляется на утилизацию.

Непрерывный процесс может осуществляться только при наличии надежных и достаточно точных методов регулирования и управления скоростью потока, изменениями химического состава и температуры металла и шлака. Необходимо также точное регулирование расходов энергии, кислорода, количеств вводимых легирующих добавок. От того, насколько удачно будут разрешены проблемы управления и регулирования, зависит успех осуществления непрерывного процесса.

Первой стадией является восстановление руд и плавление продукта восстановления, которые рассматриваются здесь вместе, т.к. этого требует непрерывный сталеплавильный процесс. Одним из наиболее перспективных вариантов - это восстановление в подвижном или неподвижном слое с последующим плавлением, существующим прототипом которого является агломерационная лента. Эффективным способом интенсификации и управления

агломерационным процессом является пульсирующий (импульсный) режим подачи воздуха в агломерационный слой.

Следующими стадиями многоступенчатого непрерывного сталеплавильного процесса (НСП) должны быть агрегаты, созданные на основе существующих процессов. Положительным в разделении сталеплавильного процесса в пространстве является возможность создания оптимальных термодинамических и кинетических условий для протекания различных реакций (что обычно невозможно в агрегатах периодического действия), а также осуществление в одной технологической линии взаимоисключающих операций рафинирования и обработки металла. В связи с преобладающим развитием кислородно-конвертерного процесса актуальной задачей развития и совершенствования производства стали является разработка и освоение многоступенчатого НСП, 1-ой стадией которого должны быть агрегаты, созданные на основе кислородного конвертера или же струйного рафинирования чугунов.

Исследования, проведенные на 3-х и 4-х стадийных САНД-ах, показали практическую возможность осуществления в таких установках принципа селективного окисления примесей чугуна при близких к оптимальным термодинамическим и кинетическим условиям на каждой стадии рафинирования. Это чрезвычайно важно при переработке НСП природно-легированных, в частности марганцем, чугунов, где особенно актуальной является проблема сохранения марганца в металле. Здесь необходимо по возможности полностью удалить из расплава углерод и сохранить в металле марганец, что позволит получать полупродукт, пригодный для производства природно-легированных марганцем сталей. Одним из способов решения проблемы является процесс струйного рафинирования чугуна, т.е. раздробление струи металла на мельчайшие капли в вакуум-кислородной атмосфере. Здесь благодаря пониженному давлению чисто кислородной атмосферы в вакуумной камере создаются термодинамические условия, благоприятствующие интенсивному окислению углерода и тормозящие окисление таких шлакообразующих компонентов, как марганец. Чрезвычайно большая площадь контакта расплав-кислород в реакторе агрегата струйного рафинирования (АСР) должна обеспечить высокие скорости обезуглероживания. Для разработки технологии процесса струйного рафинирования при пониженном давлении были проведены лабораторные исследования с применением методов бестигельной плавки с целью максимально интенсифицировать процесс обезуглероживания, понизив давление в реакционной камере. Их результаты показали реальную возможность получить при вакуум-струйном рафинировании металл с содержанием углерода не более 1,0% и сохранение в расплаве не менее 90% марганца от его исходного содержания в чугуне.

В связи с необходимостью экономии энергетических ресурсов и, в первую очередь природного газа, целесообразно разработать способы использования богатых оксидом углерода газов для прямого восстановления железа из руд, а также процессы конверсии CO с получением синтез-газа (например, для производства метанола) или водорода, который можно использовать в металлургии в качестве низкотемпературного восстановителя оксидов железа. Аналогичным способом целесообразно перерабатывать конвертерные газы, содержащие до 90% CO, и коксовый газ, обогащать доменный газ (путем извлечения из него углекислого газа) с последующим использованием в качестве восстановителя в металлургических процессах.

### **23.2 Новые направления металлургического производства**

Принципиально новым направлением в металлургии являются разработка и внедрение методов *геотехнологии*. Эти методы основаны на физико-химических процессах, которые можно в определенном порядке вести в недрах земли с целью добычи полезных ископаемых, Прямо на месте залегания, т.е. в недрах, их переводят в подвижное состояние: раствор, расплав, пар, газ, гидросмесь. В таком виде они пригодны для транспортировки через скважины на поверхность. Новая технология обеспечивает не только более полную и комплексную переработку сырья, но и уменьшает вредное влияние отходов добычи и переработки на окружающую среду. Так в работе коллектива авторов ИПКОН РАН и ИХХТ

СО РАН изложены представления о перспективных технологиях искусственного продолжения формирования месторождений полезных ископаемых. По мнению ученых, достаточно перспективным представляется сокращение объемов и времени извлечения горной массы при непосредственной разработке месторождений. Возможность этого создается дополнительной стадией подготовки месторождений к эксплуатации, под которой понимается целенаправленное вещественное или структурное преобразование залежей полезных ископаемых и массивов горных пород или заблаговременное изменение горно-геологических условий для обеспечения эффективной и безопасной разработки и переработки минерального сырья. Указанная стадия находится на стыке природных геологических процессов и технологий разработки, поэтому должна основываться на их принципах. Если процесс рудообразования рассматривать с точки зрения современного уровня технологий разработки, то случай с бедным месторождением или рудопроявлением, которое в настоящее время разрабатывать неэффективно, можно оценить как незавершенный естественный процесс образования месторождения. При этом абсолютно логична постановка вопроса о продолжении его формирования искусственными методами, а геотехнологическое продолжение формирования месторождений может моделировать естественный геологический процесс и в общем случае включает два этапа – дезинтеграцию массива и его реструктуризацию, которые в зависимости от типа месторождения могут осуществляться различными методами. Для реализации указанного принципа предложены некоторые способы и технологии.

Своеобразной разновидностью геотехнологии является микробиологический метод добычи полезных ископаемых, основанный на использовании способности некоторых микроорганизмов извлекать из окружающей среды и накапливать в себе определенные химические элементы. «Микрометаллурги» очень быстро создают огромные скопления сырья. Так, месторождение железной руды в районе Кривого Рога было образовано железобактериями. Это они извлекали железо из недр земли и «складывали» его на поверхности. Различные бактерии приспособились к переработке строго определенных химических соединений. Их избирательное действие положено в основу нового направления, названного *рудной микробиологией*.

В основе микробиологического метода добычи полезных ископаемых лежит учение Вернадского В.И. о биосфере и ноосфере. Поступление в сферу материального производства химических элементов должно быть минимальным количественно и качественно; захваченное должно использоваться максимальное число раз; элементы, которые не находят применения в производственных процессах, должны «переключаться» на смежные, сопутствующие; нерегенерируемые далее соединения на выходе в биосферу обезвреживаются (обязательное условие подключения к геохимическим циклам планеты). Осуществление завершающего звена, по В.И. Вернадскому, должно быть итогом переработки отходов и вышедшей из употребления продукции автотрофными, так как высшие формы живой материи — гетеротрофные — способны усваивать без ущерба для себя лишь химически чистые, однородные элементы. Подтвердились прогнозы В.И. Вернадского о том, что в промышленности наибольший экологический эффект способны дать микроорганизмы в силу присущих им физиологических характеристик. Он описывает их технологические параметры:

1 Одноклеточные всеядны, способность их к аккумуляции химических элементов достаточно высока (предельное обогащение идет в интервале 1–10% веса живого вещества).

2 Организмы-концентраторы встречаются в больших количествах, что предопределено спецификой их размножения. Ни одно живое существо выдержать с ними конкуренцию не в состоянии: скорость размножения одноклеточных близка к скорости звука. За сутки у бактерий меняется столько поколений, сколько у человека за 5000 лет.

3 Микробы очень неприхотливы и широко распространены.

4 Производственное применение микробов можно регулировать с помощью температурных режимов (большинство бактерий погибает при 70–800 °С, но сравнительно легко выдерживает температуру в несколько градусов ниже нуля).

Важными доводами ЗА использование микробов в добывающей промышленности служат экономические и терапевтические показатели.

Во-первых, с их помощью можно вести разработку забалансовых руд (составляют до 65% от общего числа месторождений). Во-вторых, бактерии способны усваивать строго определенные химические элементы, что позволяет применять их в обработке флотационных концентратов на обогатительных фабриках. Это одно из перспективных направлений в рудной микробиологии.

В-третьих, многие бактерии способны «работать» в экстремальных условиях (выдерживают радиацию в 10 тысяч раз превышающую смертельную дозу для человека).

В-четвертых, микробиологическая обработка рудных тел оставляет нетронутыми почвенный покров и рельеф местности.

*Биометаллургии* принадлежит будущее, с ее помощью человечество получит неограниченные возможности без ущерба для себя и окружающей среды (природы) производить железо, металлы, различные стали и сплавы высоких чистоты и качества. Биометаллургия не потребует огнеупорных материалов, флюсов, топлива, полностью исчезнет вероятность загрязнения металлов.

Раскрытие кода ДНК микробов, которые буйно разрастаются в загрязненных средах, поможет создавать бактерии, которые могут чистить загрязненные грунты. В шаге от этой цели оказался Объединенный Институт Генома Министерства Энергетики США (JGI), который выпустил черновой вариант строения генома одного такого микроорганизма.

Бактерия, известная как *Ralstonia metallidurans*, декодируется Джоном Дунном и Джеффри Хиндом, - биологами в Бруклинской Национальной Лаборатории, в сотрудничестве с учеными из Бельгии и других структур JGI.

Эти бактерии были сначала изолированы в 1976г. от общего отстойника в Бельгии, который был загрязнен высокими концентрациями тяжелых металлов. Испытание показало, что в дополнение к ее хромосомным генам, *Ralstonia* имеет две больших плазмиды - генетический материал, который существует независимо от хромосомных генов, необходимых для обычной функциональной работы клетки. Согласно Дунну, эти плазмиды встраивают гены, которые делают *Ralstonia* стойкими к неблагоприятным эффектам от воздействия множества тяжелых металлов, включая цинк, кадмий, кобальт, свинец, медь, ртуть, никель и хром. Получение первой предварительной структуры ДНК для *Ralstonia*, которая содержит приблизительно 3000 генов, позволит осуществлять манипуляцию с подбором коэффициента устойчивости, намного больше существующего.

Например, посредством генной инженерии, ученые могли бы передать устойчивость к тяжелым металлам от *Ralstonia* к другим микробам, которые расщепляют органические загрязняющие вещества, в том числе нефть, мазут или химические отходы. Это позволит создать полный набор микроорганизмов, которые очищали бы любые скопления вредных веществ, которые часто образуются в результате техногенных катастроф.

Также японцы доказали, что биометаллургия не такая уж фантастика. Они уже выплавляли сталь с ванадием, извлеченным из морских животных асцидий.

В нашей стране разработана технология бактериально-технического способа извлечения золота и серебра из бедных этими металлами пород. Биометаллургия экономически выгодна, и исключает загрязнение окружающей среды.

Развивается *космическая металлургия*. Эксперименты показали, что в состоянии невесомости возникают невиданные на Земле возможности для выращивания уникальных монокристаллов и кристаллических систем. Не исключено, что в недалеком будущем многие редкие металлы и сплавы, а также полупроводниковые материалы с экологической и экономической точки зрения будет более выгодно выплавлять в условиях космоса, на орбитальных станциях.

Но «космические технологии» — это и элитное производство, основанное на многолетнем производстве ракетной техники, «космических» требованиях к выпускаемой продукции, сложность и многогранность используемого оборудования, высококвалифицированный персонал. Ранее ориентированные на «оборонку» предприятия ищут и находят применение своим уникальным технологиям. Наряду с традиционными

технологическими процессами осваиваются новые уникальные технологии, которые успешно внедряются в производство гражданской продукции.

Созданы *новые высокопрочные материалы*, используя метод вакуумного литья на основе нержавеющей особо прочных сталей, которые могут работать в сероводородной среде в интервале температур от - 253 °С. до + 800 °С.

*Литье в оболочковые керамические формы* позволяет получить высокоточные литые детали сложного профиля, практически исключая необходимость дополнительной обработки (чистота поверхности 20-40 мкм), сократить металлоемкость изделий, не снижая при этом показатель надежности.

*Технология горячего изостатического прессования деталей из гранул* значительно упростила процесс изготовления колес турбин из термостойкого сплава и крыльчаток водородного насоса из титанового сплава.

*Метод направленной кристаллизации металла* с применением специальной термообработки используется для создания заданной структуры металла и его физических свойств в процессе литья.

*Технология дифференцированной электрохимической обработки (ДЭХО)* с применением комплекса, управляемого компьютером, используется для устранения разнотолщинности стенок особо сложных крупногабаритных оболочек. В процессе обработки производится автоматический контроль толщины стенок и коррекция разнотолщинности по всей поверхности детали. Допустимые отклонения соседних участков  $\pm 0,1 \%$ .

*Сварка в вакууме крупногабаритных деталей из разных металлов* (медь со сталью, нержавеющие стали с другими сплавами) является наиболее оригинальной технологией. Объем рабочей камеры установки 114 м<sup>3</sup>, что позволяет сваривать детали до 5 м длиной. Толщина деталей в месте сварки стали и титана 80 мм, алюминия до 120 мм, меди и сплавов до 40 мм. Зона сварки контролируется с помощью телевизионной аппаратуры. Наличие вакуума в зоне сварки обеспечивает минимальное термическое влияние, снижает содержание примесей в 20 раз, что повышает механические свойства сварного шва.

*Штамповка оболочковых изделий взрывом* калибрует оболочки после ротационной вытяжки или создает высокоточные изделия сферической формы.

Для повышения рабочего ресурса режущего инструмента его рабочие части технологически упрочняются. Для этого используются электроискровое легирование, обработка инструмента глубоким холодом в среде жидкого азота, нанесение упрочняющего покрытия электроплазменным методом. В 1,5-2 раза повышают стойкость инструмента методы химико-термической обработки: низкотемпературное борирование, азотирование, цианирование.

На заводах Украинской ассоциации предприятий черной металлургии получают множество марок стали. В нее добавляют самые разные элементы. Например, бритва из стали с серебром – «вечная». Платиновая сталь режет стекло, рубит чугун и железо. Если же сделать кастрюлю с ручками из деревянной стали, то на огне они не нагреются вместе с кастрюлей, а будут лишь чуть теплыми, как дерево. А так называемую «алмазную» сталь сделали, используя хром и вольфрам. Она не просто режет, а снимает тончайшую стружку с чугуна и стекла. «Немая» сталь - если сделать из нее рельсы и колеса поездов, то не будет слышен перестук колес. Прозрачная дырчатая сталь: лист из нее пропускает свет, но совершенно не пропускает воду. На просвет можно увидеть множество крохотных отверстий (10 тысяч на один квадратный сантиметр поверхности). Продувая сквозь них воздух, можно, например, заставить муку, цемент, угольную пыль течь, подобно жидкости.

## **Лекция 24 Тенденции создания экологически безопасного металлургического производства**

- 24.1 Основные пути сокращения водопотребления предприятиями черной металлургии
- 24.2 Использование отходов предприятий черной металлургии

## 24.1 Основные пути сокращения водопотребления предприятиями черной металлургии

Основными направлениями снижения водопотребления предприятиями черной металлургии являются: внедрение сухих способов очистки технологических газов от пыли, оксидов серы и азота; совершенствование способов промывки металла после обезжиривания и травления; применение новых схем воздушного охлаждения крупных металлургических агрегатов (например, печей и прокатных станов); совершенствование систем оборотного водоснабжения; применение испарительного охлаждения, а также охлаждения горячей химически очищенной водой.

Большой расход технической воды при традиционном способе охлаждения металлургических агрегатов (холодной технической водой) связан с большими тепловыми нагрузками и наличием в воде накипеобразователей. Например, на охлаждение доменной печи требуется воды до 4000 м<sup>3</sup>/ч, однако очищать такое большое количество воды от накипеобразователей и извести практически невозможно.

Сущность системы испарительного охлаждения заключается в использовании скрытой теплоты парообразования воды для отвода тепла от охлаждаемых деталей.

Скрытая теплота парообразования при атмосферном давлении составляет приблизительно 2260 кДж/кг. Один килограмм воды при испарительном охлаждении отбирает от охлаждаемой детали до 2550 кДж тепла, а при традиционном охлаждении холодной водой 40-80 кДж. Меньший расход воды на охлаждение за счет использования скрытой теплоты парообразования позволяет применять химически очищенную деаэрированную воду, при кипении которой в охлаждаемых деталях не образуется накипь, что ведет к увеличению срока их службы.

Например, для охлаждения печей прокатного цеха требуется 10-15 тыс. м<sup>3</sup> воды в час. При испарительном охлаждении этот расход снижается в 60-100 раз.

К снижению расхода воды ведет и охлаждение горячей химически очищенной водой. Сущность этого способа заключается в том, что для охлаждения элементов печи используют химически очищенную воду с начальной температурой около 70 °С, которая после нагрева в охлаждаемых элементах печи до 95 °С служит теплоносителем для подогрева конденсата, теплофикации и горячего водоснабжения. Циркуляционный контур охлаждающей воды выполнен замкнутым, потери воды восполняются химически очищенной деаэрированной водой.

Внедрение систем оборотного водоснабжения может резко сократить удельный расход воды в агломерационном производстве, который сейчас составляет около 8 м<sup>3</sup>/т агломерата. Для этого надо совершенствовать систему водо-шламового хозяйства фабрик, сократить продувки чистого и грязного циклов, использовать продувочную воду после ее доочистки для гидрообезпыливания и т.п.

При травлении металлов различными кислотами образуются высоко минерализованные отработанные травильные растворы и промывные воды. Эти воды можно обрабатывать различными реагентами для получения товарной продукции и использования доочищенных вод в системах оборотного водоснабжения.

На многих коксохимических заводах, несмотря на наличие сильно загрязненных сточных вод сложного состава, совершенно исключен сброс в естественные водоемы. Существенное сокращение жидких отходов коксохимических производств достигается заменой свежего пара циркулирующей аммиачной водой, переходом на коксование предварительно высушенной угольной шихты, изменением технологии сернокислотной очистки сырого бензола и т.п. Перспективным является использование очищенных биохимическим путем сточных вод, содержащих окисляющихся компонентов до 5 мг/л, для подпитки охлаждающих систем, что снизит водопотребление. Для обезвреживания сточных вод, содержащих масла и другие органические и неорганические примеси, перспективным является огневой метод. Современные конструкции установок огневого обезвреживания сточных вод предусматривают возможность использования теплоты сгорания и утилизации образовавшихся солей.

## 24.2 Использование отходов предприятий черной металлургии

В настоящее время большое внимание уделяется комплексному использованию сырьевых ресурсов, мобилизации и использованию вторичных ресурсов. За счет вторичных материальных ресурсов покрывается часть потребности народного хозяйства в цветных металлах; растут объемы переработки шлаков черной металлургии. В области использования отходов производства уже имеются существенные научно-технические достижения. Как уже отмечалось выше, основные отходы черной металлургии уже широко используются в народном хозяйстве. В таблице 21 указаны материалы, изготавливаемые из доменных и сталеплавильных шлаков.

Таблица 21 - Материалы, изготавливаемые из доменных и сталеплавильных шлаков

Металлургические шлаки	Материалы из шлаков	Области применения
Доменные	Щебень из коржевых остатков	Конструкционный бетон
	Пемза	1 легкий конструкционный бетон 1.1 высокопрочный теплоизоляционный бетон 2 теплоизоляционные материалы 2.1 битумошлаковые смеси для изоляции трубопроводов 3 жаропрочный шлакопемзобетон 4 конструкционно-теплоизоляционный бетон 4.1 шлакопемзоперлитобетон 5 битумно-минеральные смеси для дорог
	Литой щебень	1 конструкционный бетон 1.1 облегченный бетон 2 гидротехнический бетон 3 жаропрочный бетон 4 бетон для дорожного строительства
	Гранулированный шлак	
Сталеплавильные	Шлаковый щебень для дорожного строительства	1 активная тонкомолотая добавка 1.1 шлакощелочновяжущие
	Резкоохлажденный (гранулированный) щебень	1 активная тонкомолотая добавка 1.1 конвертерно-шлакощелочновяжущие

Кроме шлаков, на металлургических предприятиях образуются твердые отходы в виде пыли; жидкие отходы (сточные воды), содержащие кислоты, щелочи, твердые частицы, масляные эмульсии; газообразные отходы, содержащие соединения серы, углерода, азота, сложные соединения углерода и водорода. Объемы этих отходов составляют сотни тонн.

Образующиеся отходы находят применение, как на самих металлургических предприятиях, так и на предприятиях других отраслей промышленности.

Основные направления использования уловленной пыли в металлургии определяются способом улавливания (сухие и мокрые методы); природой, физико-химическими свойствами пыли; концентрацией потенциально полезного компонента; токсичностью пыли; пригодностью для последующей переработки и др. Применяются методы рекуперации, ликвидации и изоляции промышленной пыли.

В таблице 22 показаны продукты, получаемые из отходов металлургического производства.

Таблица 22 - Продукты, получаемые из отходов металлургического производства

Производство	Вид отходов	Использование отходов
Добыча руды	1 вскрышные породы	1.1 заполнение карьеров; 1.2 строительный материал
Коксохимическое	1 пыль 2 газы	1.1 использование в аглошихте; 2.1 топливо
Агломерационное	1 пыль	1.1 использование в аглошихте; 1.2 окатыши для доменного производства
Доменное	1 шламы  2 скрап  3 шлак, пыль  4 графито-содержащие отходы	1.1 пигменты в лакокрасочной промышленности, Производство цветного силикатного кирпича, Производство цветного портландцемента; 1.2 удобрения; 1.3 добавка к аглошихте; 2.1 оксид железа для порошковой металлургии; 2.2 производство железокосса; 3.1 производство удобрений, шлаковаты; 3.2 производство бетона; 3.3 производство цемента; 3.4 строительство дорог 4.1 чугунный лом; 4.2 доменный присад; 4.3 шлаковый щебень
Сталеплавильное	1 шлак  2 шлам  3 пыль 4 бой огнеупоров	1.1 регенерация для извлечения железа и пыли 1.2 производство цемента; 2.1 использование вместо богатой кусковой руды; 3.1 производство удобрений; 4.1 строительство дорог
Прокатное	1 окалина 2 шлам  3 травильные стоки	1.1 добавка к аглошихте; 2.1 производство удобрений; 2.2 добавка к аглошихте; 2.3 производство строительных материалов; 3.1 наполнители в производстве полимеров и пластмасс

Однако нельзя считать, что все вопросы использования отходов черной металлургии уже решены. Число технических решений по использованию отходов в металлургии значительно уступает числу аналогичных решений в строительстве и химии. Необходимы дальнейшие разработки, осуществление организационных мероприятий. Еще огромное количество шлаков находится в отвалах, плохо используются шламы электрометаллургического производства.

Разработки в данном направлении ведутся постоянно. Предложена новая технология получения комплексного металлургического сырья из железо- и углеродосодержащих отходов, разработанная совместно исследователями ООО «ЭкоМашГео» и учеными Московского Государственного института стали и сплавов.

В основе предложенной технологии утилизация и рециклинг отходов промышленных производств через холодное брикетирование методом вибропрессования.

Актуальность данной темы возникла на стыке двух противоречий, возникающих в металлургическом производстве:

С одной стороны:

-запасы коксующихся углей неуклонно сокращаются, их цена постоянно растет;  
-уменьшается добыча природного железорудного сырья, увеличиваются затраты на его обогащение;

-практически не осваиваются новые месторождения природных ископаемых;  
- постоянно растут тарифы на энергоресурсы и железнодорожные перевозки.

С другой стороны:

-накопленные десятилетиями отходы металлургического, машиностроительного, горнодобывающего и химического производств, топливно-энергетического комплекса на сегодняшний день не уменьшаются, а продолжают расти;

-расположены эти отходы вблизи металлургических и химических производств;

- не требуется огромных затрат на их разведку и освоение.

Анализ данных противоречий позволил сформулировать научную задачу с решением по двум направлениям:

С одной стороны: переработка и утилизация отходов, использование их в виде относительно дешевого сырья для металлургического производства дадут значительное снижение затрат на шихту, повышение качества и конкурентоспособности, а главное, снижение себестоимости готовой продукции.

С другой стороны: решение экологической проблемы очистки целых регионов, где скопились огромные техногенные месторождения отходов, а так же утилизации текущих накоплений отходов от вышеперечисленных производств.

Существующие технологии вторичного использования отходов различных производств, в первую очередь, металлургических – несовершенны. Например: использование аглодоменного шлама при производстве агломерата имеет технологический предел не выше 250 кг на тонну агломерата.

Пыль установок сухого тушения кокса - ценнейшее топливо с высоким содержанием углерода - в лучшем случае используется как материал для вспенивания сталеплавильного шлака в электродуговых печах или добавляется к шихте для коксования.

Специалисты «ЭкоМашГео», занимаясь разработками в этом направлении с 1997г. и накопив большой научно-технический потенциал, на стыке двух отраслей, - металлургии и строительных технологий, - разработали принципиально новый способ подготовки шихтового материала для металлургических переделов.

В результате многолетней работы создан металлургический брикет с использованием нетрадиционного связующего и углеродистого наполнителя для всех видов металлургических переделов, т.е. принципиально новая композиционная шихта, применение которой в металлургии способно вернуть отходы промышленности в металлургический передел в виде железо-углеродо-содержащих брикетов, как сырья с достаточно высокой рентабельностью.

Производство таких брикетов позволит существенно улучшить технико-экономические показатели переделов металлургических предприятий, улучшив при этом экологическую обстановку регионов.

## **Раздел 5 Система экологического мониторинга металлургического производства**

### **Лекция 25 Организация и структура экологического контроля**

25.1 Цели и задачи экологического контроля

25.2 Инженерно-методические вопросы нормирования экологического контроля

25.3 Комплексный инженерно-экологический мониторинг

25.4 Характеристика технических средств получения и обработки информации в составе комплексного мониторинга

25.5 Экологический ущерб

#### **25.1 Цели и задачи экологического контроля**

Экологический контроль является неотъемлемым звеном в системе инженерно-экологического обеспечения промышленного производства, строительства или иного вида трудовой деятельности.

Общая цель экологического контроля, или контроля качества окружающей среды, может быть определена как обеспечение соблюдения действующих природоохранных и ресурсосберегающих правил, требований и норм на всех этапах производства, строительства или иной деятельности человека, связанной с активным или косвенным изменением состояния окружающей среды. Экологический контроль должен быть многосторонним, т.е. не исключать ни одной сферы деятельности человека, так или иначе влияющей на изменение состояния окружающей среды.

Основные задачи экологического контроля: формирование информационной базы состояния и изменений окружающей среды, получение необходимой и достаточной по критериям полноты, точности и достоверности информации о воздействиях и состоянии окружающей природной среды, выявление случаев вредных воздействий на отдельные компоненты или природную среду в целом, профилактика сверхнормативного экологического ущерба и т.д.

Контроль за состоянием природной среды по параметрам, не требующим применения специального контрольно-измерительного и лабораторного оборудования, директивно может быть возложен на работников служб производственного контроля. В задачу таких служб входит определение качественных характеристик экологических изменений и нарушений, оперативное выявление виновников, а в особых случаях приглашение инспекторов-экологов для инструментальных измерений и количественной оценки ущерба с назначением соответствующих санкций.

#### **25.2 Инженерно-методические вопросы нормирования экологического контроля**

В целом все виды экологического контроля можно рассматривать с двух точек зрения. В одном случае объектом контроля являются вредные техногенные (или естественные) воздействия на природную среду. При этом необходимо определять количественные характеристики механических, тепловых, химических и других воздействий. Полученные результаты сравнивают с нормативными, – предельно допустимыми при данных природно-климатических условиях.

В другом случае объектом экологического контроля является собственно природная среда, подверженная или не подверженная (фоновый контроль) вредным воздействиям. При этом, как правило, определяют качество отдельных компонентов или комплексов природной среды, используя аналитические методы и измерения массы (объема) с целью выявления состава и концентрации тех или иных веществ, обычно вредных. Полученные результаты сравнивают с нормативными.

В единый комплекс или систему экологического контроля все его разновидности объединяет, прежде всего, методологическая и критериальная общность нормирования предельно допустимых значений контролируемых или измеряемых параметров, определяющих качество компонентов среды или характеристики воздействий на эти компоненты природной среды.

Во всех случаях конечная задача экологического контроля – определение качественного состава и количественных характеристик воздействий, веществ и их концентраций в заданной мере для сравнения полученных результатов с заданной мерой и оценка результатов с позиций полезности или вредности для биоты.

Параметры и показатели экологического контроля или нормы охраны окружающей среды устанавливаются системой государственных стандартов по охране природы. В настоящее время действует более 100 различных стандартов, регламентирующих нормы охраны атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почв, геологической среды, лесных и других угодий, водной и наземной флоры, всех видов фауны. Ряд норм экологического контроля определен государственным законодательством.

Многообразие регулирующих охрану природы и регламентирующих экологический контроль документов затрудняет практическое пользование ими. Проблема может быть решена путем разработки единых норм и правил по охране окружающей среды, содержащих необходимую «выжимку» из всей номенклатуры действующей нормативно-технической документации.

### **25.3 Комплексный инженерно-экологический мониторинг**

Информация о состоянии окружающей природной среды, об изменениях этого состояния давно используется человеком для планирования своей деятельности. Уже более 100 лет наблюдения за изменением погоды, климатом ведутся регулярно в цивилизованном мире. Все шире становится круг наблюдений, число измеряемых параметров, все гуще сеть наблюдательных станций.

В развитии мониторинга различают формы – глобальный, региональный, локальный, точечный.

Еще более многочисленны объектные виды мониторинга: мониторинг атмосферного воздуха, гидросферы, почвенный, биологический, сейсмический, ионосферный, Солнца, гравиметрический и др. Все эти виды в свою очередь подразделяются на подвиды.

Сам термин «мониторинг» впервые появился в рекомендациях специальной комиссии СКОПЕ (Научный комитет по проблемам окружающей среды) при ЮНЕСКО в 1971г., а в 1972г. уже появились первые предложения по *Глобальной системе мониторинга окружающей среды*. Однако, по сей день такая система не создана из-за разногласий в объемах, формах и объектах мониторинга, распределения обязанностей между уже существующими системами наблюдений.

Инженерно-экологический мониторинг как вид научно-производственной деятельности основан на комплексе знаний и достижений таких наук, как физическая и конструктивная география, ландшафтоведение, геология, геокриология, метеорология, гидрология, биология, экология и др. Структура и состав инженерно-экологического мониторинга целиком определяются целями его проведения и возможностями материального обеспечения. В зависимости от этих факторов определяется соотношение дистанционных и прямых методов наблюдений состояния компонентов природной среды или геотехнической системы.

Функциональный состав инженерно-экологического мониторинга включает две самостоятельные его разновидности:

1 Экологический мониторинг как систему наблюдений за антропогенными изменениями природной среды и прогнозирования её состояния, включая переход в область экологически экстремальной ситуации;

2 Геотехнический мониторинг как систему оценки техногенного источника и экологического риска в процессе функционирования объекта.

*Экологический мониторинг* ставит своей целью дать ответы на следующие вопросы:

- Каково состояние природной среды в рассматриваемый отрезок времени в сравнении с предшествующим техногенезу состоянием, и какие изменения (положительные и отрицательные) ожидаются в природной среде в прогнозируемый отрезок времени;
- В чем причины происшедших изменений и возможных изменений в будущем и что явилось, является или будет являться источником этих изменений;
- Какие воздействия на данную локальную природную среду являются вредными (нежелательными или недопустимыми);
- Какой уровень техногенных воздействий, в том числе в совокупности с естественными или стихийными процессами и воздействиями, происходящими в рассматриваемой природной среде, является допустимым для природной среды и какие резервы имеются у природной среды для саморегенерации состояния, принятого за состояние экологического баланса;
- Какой уровень техногенных воздействий на природную среду, отдельные её компоненты и комплексы является допустимым или критическим, после которого восстановление природной среды до уровня экологического баланса является неосуществимым.

*Система геотехнического мониторинга* решает задачи:

- Определение состояния природной среды в заданный отрезок времени;
- Фоновые наблюдения;
- Обеспечение сравнительных данных текущего момента и времени, предшествующего техногенезу;
- Прогноз ожидаемых изменений в природной среде под воздействием техногенных факторов;
- Оценка причин происходящих и возможных изменений и степени их губительного влияния на природу, на человека, источники этих воздействий (в т.ч. прогнозирование возможных источников вредных веществ);
- Определение уровня техногенных воздействий (в комплексе, либо отдельные компоненты), являющиеся недопустимыми, критическими, исключающими самовосстановление природной среды до уровня экологического баланса и т.п.

Наличие комплексного инженерно-экологического мониторинга повышает требования к соблюдению экологических правил и норм, позволяет реализовать систему превентивных мер и снижения экологического риска на основе аналитического прогноза фактической безопасности конкретной геотехнической системы (рисунок 60).

Для проведения экологического мониторинга в России сформирована, функционирует и развивается единая государственная система экологического мониторинга (ЕГСЭМ), основными функциями которой являются:

- получение полной, достоверной и сопоставимой информации об изменениях окружающей природной среды, антропогенном воздействии для всей территории РФ и омывающих её морей;
- оценка состояния окружающей природной среды, показателей состояния биосферы и функциональной целостности экосистем;
- обоснование корректирующих мер и средств по достижению устойчивого экономического развития и благополучию регионов, обеспечению экологической безопасности страны;
- обеспечение необходимой информацией государственных органов и потребителей при подготовке и реализации организационных мер по выполнению федеральных и административно-территориальных природоохранных программ и проектов, а также международных обязательств России в области охраны окружающей природной среды и рационального использования природных ресурсов и экологической безопасности.

Создание ЕГСЭМ осуществляется на основе территориально-ведомственного построения, предусматривающего максимальное использование возможностей уже существующих государственных и ведомственных систем мониторинга.



Рисунок 60 - Структура аналитического прогноза экологической безопасности на основе комплексного мониторинга

ЕГСЭМ формируется на трех основных организационных уровнях – федеральном, субъектов РФ и локальном (объектном).

Функционирование ЕГСЭМ осуществляется на основании Государственной программы экологического мониторинга, которая разрабатывается при создании ЕГСЭМ и регламентирует участие исполнительных органов федеральной исполнительной власти, их региональных и территориальных подразделений, органов исполнительной власти субъектов РФ, предприятий, организаций в части наблюдения за состоянием окружающей природной среды, сбора, хранения, обработки и передачи экологических данных.

Объектами экологического мониторинга являются природные среды и ресурсы, к которым относятся: атмосферный воздух, поверхностные воды суши, морские воды, почвенный покров, геологическая среда, растительный и животный мир. Кроме того, объектами являются антропогенные воздействия и их источники:

- связанные с поступлением в окружающую среду токсичных для человека и опасных для фауны и флоры веществ, а также других видов воздействия (электромагнитного, шумового и др.);

- приводящие к изменению сложившегося или естественного состояния природных сред, а также к сокращению или изменению биологического разнообразия, изменению ландшафта;

- связанные с изъятием или изменением состояния природных ресурсов.

С помощью экологического мониторинга контролируются состояние экологических систем, в том числе природно-технических подсистем, а также медико-гигиенические показатели среды обитания человека.

Вся информация, получаемая на всех уровнях ЕГСЭМ в рамках Государственной программы экологического мониторинга, является государственной собственностью, право владения, пользования и распоряжения которой регламентируется соответствующими законами РФ, и в полном объеме входит в состав ЕГСЭМ.

Для контроля функционирования объектов хозяйственной деятельности организуются системы мониторинга источников воздействия на окружающую природную среду и зон их непосредственного влияния.

Предприятия и организации, осуществляющие хозяйственную деятельность, оснащаются средствами контроля за воздействиями на окружающую среду, производимыми в процессе функционирования предприятия. Решение о необходимости наличия у предприятия таких систем контроля принимает территориальный орган Минприроды РФ на основании критериев, разработанных совместно головными организациями базовых функциональных подсистем. Системы контроля воздействий (мониторинг источника воздействий) создаются за счет средств субъектов хозяйственной деятельности, которые обеспечивают их регламентное функционирование. Системы контроля подлежат аттестации по правилам, утвержденным руководящими органами ЕГСЭМ.

Системы мониторинга связаны с экологической экспертизой и проведением оценки воздействия на окружающую среду.

#### **25.4 Характеристика технических средств получения и обработки информации в составе комплексного мониторинга**

Общая структура аппаратных средств сети наземных измерений в системе комплексного мониторинга включает:

1 Для *низового уровня* мониторинговой сети:

- стационарные посты по воздуху и воде;
- передвижные и стационарные лаборатории по состоянию атмосферы, воды, почвы, снега;
- передвижные станции контроля выбросов и сбросов;
- инспекционные службы;
- службы получения данных от населения.

Число стационарных и передвижных постов определяется в результате проведения исследований, расчетов на имеющихся моделях конкретной природно-технической геосистемы, а также на основании накопленного опыта наблюдений за окружающей средой.

2 Для *среднего уровня* сети:

- центры сбора и обработки информации, полученной в низовых сетях, отличающихся друг от друга спецификой и сложностью решаемых задач.

3 Для *высшего уровня* сети:

- пользователи информации, полученной в центрах её сбора и обработки.

Непосредственными пользователями данных являются инспектора по охране окружающей среды.

К числу основных составляющих сети мониторинга относятся датчики и анализаторы; устройства загрузки данных; устройства передачи и др.

Для автоматического измерения концентрации наиболее распространенных видов загрязнений в воздухе используются следующие методы:

- Метод химической люминесценции для определения концентрации азота;
- Метод ультрафиолетовой флуоресценции для определения концентрации диоксида серы и сероводорода;
- Метод ультрафиолетового поглощения для определения концентрации оксида и диоксида углерода;
- Плазменно-ионизационный метод для измерения концентрации суммы углеводородов за вычетом метана;
- Метод поглощения бета-излучений для контроля пыли.

Кроме того, используются традиционные методы аналитической химии и газовой хроматографии.

Наиболее эффективным способом получения сведений о загрязнении атмосферы в большом масштабе является использование экологических спутников. Полученная с их помощью информация может быть использована в сочетании с данными локальных измерений в различных точках земного шара, что позволит повысить точность дистанционного зондирования.

В настоящее время единственным микрокомпонентом атмосферы Земли, измерение концентрации которого производится в течение многих лет, является CO<sub>2</sub>. По результатам измерений можно рассчитать последствия нарушения экологического равновесия при сжигании горючих ископаемых и достаточно точно оценить масштабы воздействия. Однако для оценки последствий загрязнения нужно иметь полную картину процессов, происходящих со всеми микрокомпонентами атмосферы.

## 25.5 Экологический ущерб

Экологический ущерб – это изменение полезности окружающей среды вследствие её загрязнения. Он оценивается как затраты общества, связанные с изменением окружающей среды, и складывается из следующих затрат:

- дополнительные затраты общества в связи с изменениями в окружающей среде;
- затраты на возврат окружающей среды в прежнее состояние;
- дополнительные затраты будущего общества в связи с безвозвратным изъятием части дефицитных природных ресурсов.

Произошедшие в последние годы изменения в экономических и экологических отношениях получили отражение в Конституции Российской Федерации, которая закрепила конституционные основы охраны окружающей среды и создала базу для дальнейшего развития экологического законодательства. Так, согласно ч. I ст. 9 Конституции Российской Федерации, земля, недра, воды, леса и другие природные ресурсы используются и охраняются в Российской Федерации как основа жизни и деятельности народов, проживающих на соответствующей территории. Это конституционное положение носит эколого-экономический характер, поскольку природа имеет многообразное значение и как среда обитания человека, и как источник природных ресурсов, и как экологическая система.

Поэтому, характеризуя природу и ее ресурсы как основу жизни (экологический аспект) и как основу деятельности (экономический аспект), положение ч. I ст. 9 Конституции Российской Федерации закрепляет тесную взаимосвязь экономики и экологии, необходимость научно-обоснованного сочетания экономических и экологических интересов народов, проживающих на соответствующей территории и всего народа Российской Федерации. Оно является ключевым для правового регулирования экологических отношений.

Соответственно определяется правовой режим природных ресурсов, режим их собственности, порядок, условия использования и охраны объектов природы, охрана окружающей среды, а также экономические, организационно-контрольные меры и меры юридической ответственности в области природопользования и охраны окружающей среды. В соответствии с этими положениями должна осуществляться эколого-экономическая деятельность предприятий и организаций.

Для оценки ущерба, нанесенного окружающей среде, используют следующие базовые величины:

- затраты на снижение загрязнений;
- затраты на восстановление окружающей среды;
- рыночная цена;
- дополнительные затраты из-за изменения качества окружающей среды;
- затраты на компенсацию риска для здоровья людей;
- затраты на дополнительный природный ресурс для разбавления сбрасываемого потока до безопасной концентрации загрязняющего вещества.

Ущерб обществу от загрязнения окружающей среды сказывается на:

- населении;
- объектах жилищно-коммунального и промышленного хозяйства;
- сельскохозяйственных угодьях;
- водных ресурсах;
- лесных ресурсах.

Для каждого объекта влияния анализируются и учитываются элементы дополнительных расходов (таблица 23).

Таблица 23 - Элементы дополнительных расходов из-за загрязнения окружающей среды

Объекты влияния	Элементы дополнительных расходов
Население	Медицинское обслуживание; оплата лечебных отпусков; компенсации невыходов на работу; страхование жизни людей; транспортные расходы на доставку в опасные зоны
Жилищно-коммунальное хозяйство	Ремонт и содержание зданий; уборка территорий; износ рабочей одежды; содержание зеленых насаждений; износ транспорта; ремонт и содержание металлоконструкций
С/х угодья	Потери (потенциально возможного) урожая; транспортные расходы по доставке урожая
Вода	Потери (потенциально возможного) вылова рыбы; обеспечение населения водой
Лесные ресурсы	Потери продуктивности леса (древесина, ягоды, трава, грибы и т.п.), тушение пожаров

Экологический ущерб можно определять по детализированным элементам воздействия, и укрупнено, по сферам воздействия. Детализированный расчет базируется на данных объекта-аналога, фактических статистических материалах, экспертных оценках.

При укрупненном расчете выделяют три группы сфер влияния (атмосфера, вода, земля), по которым имеются государственные и отраслевые укрупненные оценки удельного ущерба.

Правительством РФ установлены следующие источники платежей за загрязнение окружающей среды:

- платежи за выбросы в пределах допустимых нормативов осуществляются за счет себестоимости продукции;

- платежи за выбросы сверх допустимых нормативов осуществляются за счет прибыли предприятия.

В себестоимость продукции включаются текущие затраты, связанные с содержанием и эксплуатацией очистных сооружений, золоуловителей, фильтров и других природоохранных объектов, расходы на захоронение экологически опасных отходов, по оплате услуг за прием, хранение и уничтожение экологически опасных отходов и сточных вод.

Размер платежей предприятия за загрязнение окружающей среды может уменьшаться на величину расходов по разработке и внедрению природоохранных мероприятий. Перечень таких мероприятий устанавливается территориальным органом Минприроды РФ на основании международных соглашений по охране природы и региональных экологических программ. Не подлежат зачету текущие затраты на газо-пылеулавливающие установки, дымососы, газоотходы, являющиеся элементами технологических процессов.

Снижение или исключение платы за загрязнение допускается для предприятий социально-культурной сферы, бюджетных, энергообеспечения населения.

Затраты общества на возврат окружающей среды в прежнее состояние определяются выбираемым комплексом необходимых мероприятий, характером изменений, спецификой природного объекта и особенностями региона. Например, попадание нефти в прибрежные морские воды требует проведения работ по локализации разлива, сбору нефти с поверхности воды, очистке береговой зоны, спасению птиц и животных, уничтожению и переработке собранной нефти и загрязненных материалов.

Общество оценивает затраты на возврат окружающей среды в прежнее состояние как штраф организации, допустившей ущерб объектам природы, или затраты на общегосударственные программы по восстановлению территорий, подвергнутых загрязнению.

Например, в США в период 1972-1987гг. выделялось ежегодно \$24,3 млрд. на очистку рек, ручьев и заливов, а общая сумма за этот период составила приблизительно \$ 1 трлн.

## 25.6 Ответственность за нарушение экологического законодательства

*Экологическое правонарушение* - это виновное, противоправное деяние, нарушающее природоохранительное законодательство и причиняющее вред окружающей среде и здоровью человека. То есть, отличительным признаком экологического правонарушения является наличие вреда, причиненного окружающей среде либо здоровью человека.

Определяя формы ответственности за нарушение законодательства в области охраны окружающей среды, Закон об охране окружающей среды (ст. 75) одновременно не предусматривает особой формы юридической ответственности - экологической. Она, по существу, ориентирует на нарушение законодательства в области охраны окружающей среды (экологические правонарушения) применять формы ответственности, существующие в других отраслях права, а именно: дисциплинарной, административной, уголовной.

*Дисциплинарная ответственность* возлагается на работника за совершение дисциплинарного проступка, т.е. неисполнение или ненадлежащее исполнение работником по его вине возложенных на него трудовых обязанностей (ст. 192 Трудового кодекса РФ). Если должностные лица и иные обязанные лица в соответствии с положениями, уставами, правилами внутреннего распорядка и другими нормативными актами не выполняют планы и мероприятия по охране природы и рациональному использованию природных ресурсов, нарушают нормативы качества окружающей среды и требования природоохранительного законодательства во время работы, то они тем самым нарушают трудовую дисциплину.

Вынесение экологических правонарушений из совокупности дисциплинарных проступков в самостоятельную форму нет необходимости, поскольку применяемые меры наказания сохраняют природу дисциплинарной ответственности. Экологическое правонарушение - это причинение вреда природным объектам. Природа и ее богатства являются национальным достоянием народов России. В этой связи граждане и юридические лица, причинившие вред окружающей среде, должны отвечать не перед администрацией своего предприятия, организации, учреждения, а перед государственными органами, которые уполномочены охранять и сберегать природные богатства.

Иногда *материальная ответственность* некоторыми авторами приравнивается к материальной, которая предусмотрена трудовым законодательством. Материальная ответственность наступает только для сторон трудового договора и за ущерб, причиненный другой стороне этого договора в результате виновного противоправного поведения (действия или бездействия).

Если предприятие (организация) уже понесло расходы по возмещению вреда, причиненного экологическим правонарушением, следовательно, в том правонарушении оно само виновно и понесло ответственность за свое правонарушение. На работника, должностное лицо может быть возложена материальная ответственность, но это будет санкция не за экологическое правонарушение, а материальная ответственность за ущерб, причиненный работником предприятию во время выполнения им своих трудовых обязанностей.

За совершение особо опасных экологических правонарушений российское законодательство предусматривает *уголовную ответственность*. УК РФ содержит гл. 26 «Экологические преступления», в которой названы общественно опасные деяния в области охраны окружающей среды, запрещенные под угрозой уголовного наказания. Это нарушение правил охраны окружающей среды при производстве работ (ст. 246), нарушение правил обращения с экологически опасными веществами и отходами (ст. 247), нарушение правил безопасности при обращении с микробиологическими либо другими биологическими агентами или токсинами (ст. 248), нарушение ветеринарных правил и правил, установленных для борьбы с болезнями и вредителями растений (ст. 249), загрязнение вод (ст. 250), загрязнение атмосферы (ст. 251), загрязнение морской среды (ст. 252), нарушение законодательства РФ о континентальном шельфе и об исключительной экономической зоне

РФ (ст. 253), порча земли (ст. 254), нарушение правил охраны и использования недр (ст. 255), незаконная добыча водных животных и растений (ст. 256), нарушение правил охраны рыбных запасов (ст. 257), незаконная охота (ст. 258), уничтожение критических местообитаний организмов, занесенных в Красную книгу РФ (ст. 259), незаконная порубка деревьев и кустарников (ст. 260), уничтожение или повреждение лесов (ст. 261), нарушение режима особо охраняемых природных территорий и природных объектов (ст. 262).

К лицам, виновным в совершении экологических правонарушений, в предусмотренных законом случаях применяется *административная ответственность*. Основным перечень экологических правонарушений, за которые на виновных субъектов может быть наложена административная ответственность, изложен в гл. 8 КоАП. В нем предусмотрено 40 видов экологических правонарушений, за которые применяется административная ответственность. На лиц, совершивших административные правонарушения в области охраны окружающей среды, уполномоченными на то государственными органами налагается административный штраф в установленных за правонарушение размерах, либо в отдельных случаях применяется одновременно конфискация орудия правонарушения. Например, нарушение правил проведения ресурсных или морских научных исследований, предусмотренных разрешением, во внутренних морских водах, в территориальном море, на континентальном шельфе и (или) в исключительной экономической зоне РФ влечет наложение административного штрафа на должностных лиц с конфискацией судна, летательного аппарата и иных орудий совершения административного правонарушения или без таковой (ч. 1 ст. 8.18 КоАП).

Существенным моментом экологического правонарушения закон признает противоправные деяния, причиняющие вред окружающей среде и здоровью человека. Юридические и физические лица, причинившие вред окружающей среде в результате ее загрязнения, истощения, порчи, уничтожения, нерационального использования природных ресурсов, деградации и разрушения естественных экологических систем, природных комплексов и природных ландшафтов и иного нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обязаны возместить его в полном объеме в соответствии с законодательством (ст. 77 Закона об охране окружающей среды). Такую форму ответственности правонарушителей в области охраны окружающей среды следует именовать *эколого-имущественной ответственностью*.

Одновременно Закон об охране окружающей среды различает две формы эколого-имущественной ответственности:

а) эколого-имущественная ответственность юридических и физических лиц путем полного возмещения вреда, причиненного окружающей среде (ст. 77);

б) возмещение вреда, причиненного здоровью и имуществу граждан в результате нарушения законодательства в области охраны окружающей среды (ст. 79).

Для возложения юридической ответственности за нарушение экологического правопорядка необходимо, чтобы существовала причинная связь между нарушением экологического законодательства и наступившими вредными последствиями, либо эти действия создавали бы угрозу причинения существенного вреда окружающей среде и здоровью людей. При этом требуется также выяснить, не вызваны ли вредные последствия иными факторами, в том числе естественно-природными, и не наступили ли они вне зависимости от установленного нарушения либо не совершены ли противоправные деяния в состоянии крайней необходимости.

Поскольку обязательным признаком экологического правонарушения закон признает наступление (угрозу наступления) вреда природным объектам либо здоровью человека. Пленум ВС РФ дал разъяснение о качественных показателях такого вреда. Существенный экологический вред, по мнению ВС РФ, характеризуется возникновением заболеваний и гибелью водных животных и растений, иных животных и растительности на берегах водных объектов; уничтожением рыбных запасов, мест нереста и нагула, массовой гибелью птиц и животных, в том числе водных, на определенной территории, при которой уровень смертности превышает среднестатистический в три и более раза; экологической ценностью поврежденной территории или утраченного природного объекта, уничтоженных животных и

древесно-кустарниковой растительности, изменением радиоактивного фона до величин, представляющих опасность для здоровья и жизни человека, генетического фонда животных и растений, уровнем деградации земель и т.п.

Под иными тяжкими последствиями нарушения правил охраны окружающей среды при производстве работ следует понимать существенное нарушение качества окружающей среды или состояния ее объектов, устранение которого требует длительного времени и больших финансовых и материальных затрат; уничтожение отдельных объектов, деградацию земель и иные негативные изменения окружающей среды, препятствующие ее сохранению и правомерному использованию.

Причинение вреда здоровью человека выражается в расстройстве здоровья, временной или постоянной утрате трудоспособности, причинение тяжкого, средней тяжести или легкого вреда одному или нескольким лицам.

Создание угрозы причинения существенного вреда здоровью человека или окружающей среде подразумевает возникновение такой ситуации либо таких обстоятельств, в результате которых наступили бы предусмотренные законом вредные последствия, если бы не были прерваны вовремя принятыми мерами или иными обстоятельствами, не зависящими от воли причинителя вреда.

Угроза при этом предполагает наличие определенной конкретной опасности реального причинения вреда здоровью человека или окружающей среде.

В необходимых случаях для правильного решения вопросов, требующих специальных познаний в области экологии, по делу должны быть проведены соответствующие экспертизы с привлечением специалистов-экологов, санитарных врачей, зоологов, ихтиологов, охотоведов, пчеловодов, лесоводов и др.

## Библиографический список

1. Вишняков, Я.Д., Бизнес и окружающая среда: коэффициент враждебности окружающей среды развитию бизнеса [Текст]/Я.Д. Вишняков, С.В. Лозинский //Менеджмент в России и за рубежом. – 1998. - № 3.
2. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве. Учебник для вузов [Текст]/ С.Б. Старк. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1990. – 400 с.
3. Пыриков, А.Н. Защита окружающей среды на коксохимических предприятиях [Текст]/ А.Н. Пыриков, С.В. Васнин, Б.М. Баранбаев, В.Д. Козлов. – М.: Интермет – Инжиниринг, 2000. – 176 с.
4. Инженерная защита окружающей среды. Учебное пособие [Текст] / под ред. Воробьева О.Г. – СПб.: изд. Лань, 2002. – 288 с.
5. Китинг М. Программа действий. Повестка дня на 21 век и другие документы конференции в Рио-де-Жанейро в популярном изложении[Электронный ресурс] — Женева: Центр «За наше общее будущее», 1993.
6. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию. (Рио-де-Жанейро, июнь 1992 г.) Информационный обзор[Электронный ресурс] — Новосибирск: СО РАН, 1992.
7. Курс инженерной экологии. Учебник для вузов [Текст] / Под ред. Мазура И.И. – М., Высшая школа, 1999. – 447 с.
8. Тарасова, Л.А. Комбинированная система пылеулавливания [Текст] / Л.А. Тарасова, С.А. Канерва, О.А. Трошкина. //Экология и промышленность России, 2003, №1, с. 6-7.
9. Лисин, В.С. Ресурсно-экологические проблемы XXI века и металлургия [Текст]/В.С. Лисин, Ю.С. Юсфин. – М.: Высшая школа, 1998. – 447 с.
10. Мазур, И.И. Курс инженерной экологии. Учебник для вузов [Текст]/И.И. Мазур, О.И. Молдаванов / под ред. И.И. Мазура – М.: Высшая школа, 1999. – 447 с.
11. Материалы конференции "Чистое производство как вклад в устойчивое развитие" (Москва, 6-9 декабря 2004 г.)
12. Наше общее будущее. Доклад международной комиссии по окружающей среде и развитию. — М.: Прогресс, 1989.
13. Сватовская, Л.Б. Новый строительный материал из осадка сточных вод [Текст] / Л.Б. Сватовская, Т.С. Титова, Е.В. Русанова // Экология и промышленность России, №10, 2005, 20-21 с.
14. Воскобойников, В.Г. Общая металлургия. Учебник для вузов [Текст]/ В.Г. Воскобойников, В.А. Кудрин, А.М. Якушев. 6-изд., перераб. и доп. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2002. – 768 с.
15. Отходы: Воздействие на окружающую среду и пути утилизации [Текст] / Л.И. Леонов, Ю.С. Юсфин, П.И. Черноусов. //Экология и промышленность России, 2003, №3, с. 32-35.
16. Подрезов, А.В. Очистка газов от мелкодисперсной пыли [Текст] /А.В. Подрезов и др. //Экология и промышленность России, 2004, №11, с. 20-22.
17. Денисенко, Г.Ф. Охрана окружающей среды в черной металлургии. Учебное пособие [Текст] / Г.Ф. Денисенко, З.И. Губонина. – М.: Металлургия, 1989. – 120 с.
18. Гордон, Г.М. Пылеулавливание и очистка газов в цветной металлургии [Текст]/ Г.М. Гордон, И.Л. Пейсахов. – М.: Металлургия, 1977. – 456 с.
19. Старк, С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии [Текст] / С.Б. Старк. – М.: Металлургия, 1977. – 328 с.
20. Юсфин, Ю.С. Ресурсно-экологическая оценка аглодомного производства [Текст] /Ю.С. Юсфин, П.И. Черноусов, С.В. Неделин // Сталь, №4, 2001, 1-5 с.
21. Плетнев, М.Ю. Рециклинг как ключевой элемент современной системы сбора и переработки твердых бытовых отходов[Текст]/ М.Ю. Плетнев // “Комсомольская правда” (1999), № 171, с. 4.

22. Торп, Б. Путеводитель по экологически чистому производству [Электронный ресурс]// экологический журнал «Волна», №29, 2001.
23. Цветков, Ю.В. О создании экологически чистого энергометаллургического комплекса [Текст] /Ю.В. Цветков//Экология и промышленность России, № 5, 1999, с.11-15.
24. Баев, Л.А. Экономические основы управления переработкой отходов металлургического производства[Текст]/ Л.А. Баев, Я.В. Афанасьев. //Экология и промышленность России, 2004, №1, с.37-40.
25. Глухов, В.В. Экономические основы экологии. 3-е изд. [Текст] /В.В.Глухов, Т.П.Некрасова. – СПб.: Питер, 2003. – 384 с.
26. Гарин, В.М. Экология для технических вузов[Текст]/ В.М. Гарин, И.А. Клёнова, В.И. Колесников. /под ред. В.М.Гарина. - Ростов н/Дону: Феникс, 2003. – 384 с.
27. Экологически чистое производство: подходы, оценка, рекомендации. Учебно-методическое пособие [Текст]/ под редакцией Пегова С.А. и Солобоева И.С. – 2000г.
28. Халаимова, И.В. Снижение пылевых выбросов при производстве кокса [Текст] /И.В. Халаимова, В.В. Кочура //Материалы XXI Всеукраинской научной конференции аспирантов и студентов «Охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов». Т.2 – Донецк, ДонНУ, 2010. с.168-169.

БОЛЬШИНА ЕЛЕНА ПАВЛОВНА

## ЭКОЛОГИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

Курс лекций  
для студентов металлургических специальностей

---

Подписано в печать 24.01.2012

Формат 60x90  $\frac{1}{16}$

Печать офсетная

Уч.-изд.л.9,3

Рег.№ 9

Тираж 100 экз.

---

Новотроицкий филиал ФГАОУ ВПО «Национальный исследовательский  
технологический университет «МИСиС»

462359, Оренбургская обл., г. Новотроицк, ул. Фрунзе, 8.

E-mail: [nfmisis@yandex.ru](mailto:nfmisis@yandex.ru)

Контактный тел. 8 (3537) 679729.

Отпечатано в типографии ООО «РА Маркет Сервис»

Оренбургская обл., г.Орск, ул.Краматорская, 2б

Контактный тел. 8 (3537) 236161.