

**Е. Ю. Рамазанова, О. В. Черняк**

**ПРАКТИКУМ  
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**Алчевск, 2021**

*Учебное пособие*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ЛУГАНСКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
«ДОНБАССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

КАФЕДРА МЕТАЛЛУРГИИ ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ

Е. Ю. Рамазанова, О. В. Черняк

**ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие

(для студентов направления подготовки 22.03.02 «Металлургия»)

*Рекомендовано Ученым советом ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»*

Алчевск

2021

УДК 502.13:669(076.8)

ББК 20.1

P21

**Рамазанова Елена Юрьевна** — старший преподаватель кафедры металлургии черных металлов ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»;

**Черняк Ольга Викторовна** — ассистент кафедры металлургии черных металлов ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ».

***Рецензенты:***

*И. Ф. Русанов* — кандидат технических наук, доцент кафедры металлургии черных металлов ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»;

*И. В. Проскурина* — кандидат технических наук, заместитель начальника управления — начальник отдела экологической безопасности управления по вопросам чрезвычайных ситуаций и экологической безопасности Администрации города Алчевска ЛНР;

*С. В. Куберский* — кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой металлургии черных металлов ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ».

*Рекомендовано Ученым советом ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»  
(Протокол № 4 от 27.11.2020)*

**Рамазанова, Е. Ю.**

P21

Практикум по экологическим проблемам металлургического производства [Текст] : учеб. пособие / Е. Ю. Рамазанова, О. В. Черняк. — Алчевск : ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2020. — 205 с.

В пособии приведены основные теоретические сведения по основам промышленной экологии металлургического производства.

Основная часть пособия включает практические работы по анализу воздуха, воды и твердых отходов металлургического производства, с целью выявления их влияния на окружающую среду. Изложен теоретический материал для выполнения практических работ, каждая из которых содержит контрольные вопросы по теме. Пособие содержит тестовые задания по разделам курса и перечень тем для рефератов. В приложении приведен образец ведения журнала для практических работ.

Предназначен для бакалавров всех форм обучения направления подготовки 22.03.02 «Металлургия».

УДК 502.13:669(076.8)

ББК 20.1

© Е. Ю. Рамазанова,  
О. В. Черняк, 2021

© ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ», 2021

© Н. В. Чернышова, художественное  
оформление обложки, 2021

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Основы промышленной экологии в металлургической отрасли .....</b>	<b>7</b>
1.1 Теоретическая часть .....	7
1.1.1 Воздействие металлургических предприятий на окружающую среду.....	7
1.1.2 Загрязнения и отходы в металлургическом производстве .....	19
1.2 Практическая часть.....	29
Практическая работа №1. Источники вредных веществ, поступающих в окружающую среду от предприятий металлургического комплекса .....	29
<b>2 Газовые выбросы металлургического производства .....</b>	<b>31</b>
2.1 Теоретическая часть .....	31
2.2 Практическая часть.....	37
Практическая работа № 2. Анализ газового состава атмосферного воздуха органолептическими экспресс-методами .....	37
<b>3 Методы и способы определения содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе.....</b>	<b>43</b>
3.1 Теоретическая часть .....	43
3.1.1 Свойства пыли и методы ее определения .....	43
3.1.2 Определение содержания пыли в воздухе .....	48
3.2 Практическая часть.....	57
Практическая работа № 3. Методы и способы определения содержания взвешенных веществ в атмосферном воздухе. Гравитационный метод .....	57
<b>4 Приборы для общего анализа природных и промышленных газов..</b>	<b>61</b>
4.1 Теоретическая часть .....	61
4.1.1 Классификация газоанализаторов .....	61
4.1.2 Применение газоанализаторов.....	65
4.1.3 Газоанализаторы ГХЛ-1, ГХП-3М .....	66
4.2 Практическая часть.....	68
Практическая работа № 4. Приборы для общего анализа природных и промышленных газов. Газоанализаторы .....	68
<b>5 Сточные воды металлургического производства .....</b>	<b>72</b>
5.1 Теоретическая часть .....	72
5.1.1 Физические показатели качества сточных вод промышленного типа.....	72
5.1.2 Способы очистки сточных вод.....	77

5.1.3 Анализ сточных вод промышленного типа .....	85
5.1.4 Щелочность и кислотность сточных вод .....	90
5.1.5 Определение общей жесткости воды.	
Реагентное устранение солей жесткости .....	92
5.2 Практическая часть.....	94
Практическая работа № 5.	
Исследование физических показателей сточных вод	
промышленного типа .....	94
Практическая работа № 6.	
Методы очистки промышленных сточных вод .....	100
Практическая работа № 7.	
Анализ сточных вод промышленного типа. Физико-химические	
показатели очищенных промышленных сточных вод.....	103
Практическая работа № 8.	
Щелочность и кислотность сточных вод.....	108
Практическая работа № 9.	
Комплексонометрическое определение общей жесткости воды.	
Реагентное устранение солей жесткости .....	111
<b>6 Свойства твердого топлива для металлургического производства.</b>	
<b>Экологические проблемы использования .....</b>	<b>115</b>
6.1 Теоретическая часть .....	115
6.1.1 Виды твердого топлива.....	115
6.1.2 Сорбционные свойства углей.....	122
6.2 Практическая часть.....	123
Практическая работа № 10.	
Анализ твердого топлива для металлургического производства .....	123
<b>7 Твердые отходы металлургического производства.....</b>	<b>133</b>
7.1 Теоретическая часть .....	133
7.1.1 Металлургические шлаки .....	133
7.1.2 Радиационное загрязнение окружающей среды твердыми	
отходами.....	134
7.1.3 Понятие о радиации .....	135
7.1.4 Приборы для определения радиационного фона .....	137
7.2 Практическая часть.....	139
Практическая работа № 11.	
Радиационный фон твердого топлива, твердых отходов и продукции	
металлургического производства .....	139
<b>8 Перечень тем для рефератов.....</b>	<b>143</b>
<b>9 Тестовые задания по темам курса «Экологические проблемы</b>	
<b>металлургического производства».....</b>	<b>147</b>
<b>Список литературы .....</b>	<b>198</b>
<b>Приложение.....</b>	<b>201</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большее внимание во всем мире уделяется защите окружающей среды от возрастающей антропогенной нагрузки.

Развитие промышленности, увеличение добычи ископаемого сырья, расширение использования транспорта сопровождается поступлением в окружающую среду больших количеств различных загрязняющих веществ. Значительное загрязнение окружающей среды (воды, воздуха, почвы) приводит к возникновению неблагоприятных последствий: нарушению нормальной жизнедеятельности биосферы, изменению климата, исчезновению многих видов растений и животных, ухудшению здоровья человека.

Источником интенсивного загрязнения окружающей среды являются, в ряду прочих, предприятия металлургической отрасли. Как правило, они сосредоточены в определенных районах, образуя промышленные группы. Так в Российской Федерации таких групп три: Уральская, Сибирская и Центральная. На Украине их две — Центральная и Восточная.

Металлургическое производство оказывает негативное воздействие на все составляющие окружающей среды. Загрязнение почвы происходит в результате массового складирования отходов (шлаков и шламов). Сброс недостаточно очищенных производственных вод в естественные водоемы загрязняет их. Предприятия цветной металлургии 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.

В атмосферу выбрасывается газ, содержащий пыль и вредные соединения. Металлургическая отрасль находится на втором месте среди всех отраслей промышленности по атмосферным выбросам. Загрязнение атмосферы является главной причиной экологических проблем, возникающих в результате деятельности металлургических гигантов, что приводит к загрязнению почв, уничтожению растительности и образованию техногенных пустошей вокруг крупных заводов.

На металлургию (черную и цветную) приходится примерно треть всех промышленных выбросов в атмосферу, в то время как продукция металлургических предприятий составляет менее 20% от общего объема промышленного производства. Существуют регионы, для которых присутствие металлургического комбината становится главной, если не единственной экологической проблемой.

К тому же, экологические проблемы отечественной металлургии обостряются из-за высокого износа оборудования и устаревших технологий.

Подавляющее большинство вредных выбросов являются продуктами различных химических реакций: окисления, горения, восстановления, разложения и т.д. Понимание специалистами этих реакций способствует принятию правильных решений по снижению ущерба или полному устранению вредных последствий.

Использование достижений химии является необходимым для решения экологических проблем. Химическая промышленность производит ряд реагентов, адсорбентов, ионообменных смол и других веществ без которых невозможна полная очистка сточных вод и газообразных выбросов, переработка и утилизация вторичного сырья.

Базируясь на законах химии можно решить многие экологические задачи не только в металлургической промышленности, но и в других отраслях, разработать безвредные и безотходные технологические процессы.

# 1 ОСНОВЫ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЭКОЛОГИИ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

## 1.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 1.1.1 Воздействие металлургических предприятий на окружающую среду

Металлы играют в экономике любой страны исключительно важную роль. В то же время металлургическая отрасль, в частности черная, является мощнейшим загрязнителем окружающей среды (ОС).

Вредное воздействие металлургических предприятий обуславливается рядом причин:

- не учтено экологическое воздействие промышленных предприятий при размещении городов, 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.

#### **Воздействие металлургических предприятий на атмосферу.**

Все известные технологические процессы производства чугуна, стали и их последующей обработки 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 почву.

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 во кг/т чугуна	Сталеплавильное производство кг/т стали	Прокатное производство
Пыль	20–25	50–75	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
Сероводород		10–60		
Аэрозоли травильных растворов				в травильных отделениях
Пары эмульсии				при металлообработке

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

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.

Таблица 2 — Источники регламентированных выбросов газа основных переделов металлургического предприятия

Вид производства	Основные операции	Вспомогательные операции
Агломерационное, 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	Транспортировка сыпучих материалов, загрузка реагентов в бункера
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

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

В среднем на 1 млн. т годовой продукции заводов черной металлургии в атмосферу выделяется: пыли — 350, сернистого ангидрида — 200, оксида углерода — 400, оксидов азота — 42 т/сутки.

Основными источниками загрязнения атмосферы выбросами металлургического комплекса являются коксохимическое, агломерационное, доменное, сталеплавильное и ферросплавное 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. 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 составляет 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 оксиды железа, марганца, магния, фосфора, кремния, кальция, иногда соединения титана, меди, свинца, цинка.

Доменное производство характеризуется образованием большого количества доменного газа ( $\approx 2\text{--}4$  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 30–40 кг/т чугуна). Пыль содержит окислы железа, кремния, марганца, кальция, магния, частицы шихтовых материалов.

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 % CO<sub>2</sub>, 5–17 % CO, до 05 % SO<sub>2</sub>. 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.

В ходе конвертерной плавки образуется конвертерный газ. Выход и состав газа зависят от свойств шихты, режима и интенсивности продувки, конструкции фурмы, типа процесса и других факторов. Отходя-

щий из конвертера газ, в основном, состоит из СО и содержит значительное количество пыли. Выход и состав его в течение плавки значительно изменяется.

Отходящие конвертерные газы выносят много пыли. Вместе с оксидом углерода из конвертера увлекается значительное количество паров металла и капелек, выбрасываемых из ванны в процессе обезуглероживания. Пары частиц в основном состоят из FeO, Fe<sub>2</sub>C, FeCO<sub>3</sub>. В зависимости от состава сырья, конструкции печей и условий плавки на тонну стали образуется 12–32 кг тонкодисперсной пыли при «сухом» и шлама при «мокроем» способе улавливания с размером частиц от 0,1 до 10 мкм.

Создание, развитие и повсеместное распространение методов внепечной обработки является важнейшим звеном в цепи проблем, решение которых прямо или косвенно связано с уменьшением масштабов ущерба, наносимого металлургическим производством природе.

Количество дополнительно образующихся в процессах внепечной обработки шлаков и шламов незначительно, расход воды на охлаждение очень мал. Что касается отходящих газов, то все вводимые в строй установки являются современными агрегатами, оборудованными пылеулавливающими устройствами.

Влияние же внепечной обработки в широком смысле на решение проблемы охраны природы весьма велико.

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 СО. Смесеподготовительные отделения являются источниками выделения кварцевой пыли, сульфитного щелока, углеводородов и ряда др. органических примесей.

В мартеновских цехах производится около 10 % всей выпускаемой стали, большая часть которых находится на Украине. При выплавке стали мартеновским способом, в атмосферу выбрасывается большое количество газа и пыли.

В мартеновской печи дымовые газы образуются в результате сгорания топлива, нагрева и разложения сыпучих материалов и окисления углерода шихты (углекислый газ и оксид углерода). Средний состав

уходящих продуктов сгорания печей, работающих на дутье, обогащенном кислородом, % (объемн.) — 10,5–15,1 CO<sub>2</sub>; 16–16,5 H<sub>2</sub>O; 62,3–66,1 N<sub>2</sub>; 6,5–7,1 O<sub>2</sub>; следы SO<sub>2</sub>.

Запыленность мартеновских газов 10 г/м<sup>3</sup>, а газов от двухванных печей — до 15 г/м<sup>3</sup>. Пыль состоит в основном из окислов железа. Кроме того, в ней присутствуют окислы кальция, магния, марганца, алюминия, кремния, фосфора, серы. Дисперсный состав пыли зависит от расхода кислорода в печи и технологического процесса плавки

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 соединения Cr<sup>+6</sup> и пыль обнаруживают на расстоянии до 3 км от источника загрязнения. Заводы, выплавляющие ферросилиций, загрязняют атмосферный воздух в радиусе 2–3 км мельчайшими частицами SiO<sub>2</sub>, наибольшее содержание которых наблюдается на расстоянии около 0,5 км от предприятия.

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

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 около 70 %–95 %. Часть действующих установок (около 15 %) работает неэффективно. Таким образом, около 20% газов от агрегатов поступают в атмосферу практически без очистки.

### **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 % — на обработку и отделку металла, 11 % — на 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.

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

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		240	20	100

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. гидроксиды металлов, нефтепродукты, токсические соединения. Примерный качественный состав сточных вод одинаков, а концентрация загрязняющих веществ изменяется широко в зависимости от технологического процесса.

Наибольшее количество сточных вод формируется в прокатном, доменном и сталеплавильном производствах (таблица 4).

Взвесь сточных вод аглофабрики содержит окислы железа, кальция, углерод.

На коксохимических заводах сточные воды образуются в химических цехах (фенольные стоки) и во время тушения кокса. Расход свежей воды на 1 т кокса составляет 1,2–1,6 м<sup>3</sup>.

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 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.

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
Цвет	Без цвета	Желто-бурый
Запах	Без запаха	Шлама и нефти
Взвешенные вещества, мг/л	20-30	220–822
рН	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> <sup>2-</sup>	73–78	108–290
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0.07–0.1	0.1–7.0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		следы
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>		1–40 (16,3)
Ионы Fe <sup>2+</sup> , Fe <sup>3+</sup>	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 человека и 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.

### **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, 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 складированы 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: доменное производство (1 %), сталеплавильное (5 %), прокатное (30 %), литейное (9 % от общего количества лома черных металлов) (таблица 6).

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)

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 СаО, а также другие элементы, использующиеся в сельском хозяйстве в качестве удобрений.

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

### **1.1.2 Загрязнения и отходы в металлургическом производстве** **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 около 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. Она 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 окислов азота являются доменные воздухонагреватели, в уходящих газах которых содержание NO<sub>x</sub> составляет  $(1,7 \div 6,6) \cdot 10^{-4}\%$ . Концентрация окислов 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 окислов азота составляет 2,5 кг/т стали.

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

Таблица 7 — Содержание окислов 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.

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:

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

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

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

В городах, где расположены предприятия отрасли, отмечаются высокие уровни загрязнения воздуха несколькими примесями, в т.ч. высокого класса опасности. Максимальные концентрации примесей достигали 10-155 ПДК.

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.

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

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%.

### **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  $>10\text{ мкм}$  и мелкодисперсную  $<10\text{ мкм}$ ).

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 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, 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.

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.

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

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

I — чрезвычайно опасные (ПДК  $<0,1 \text{ мг/м}^3$ ), примеры — свинец, ртуть, бериллий, озон и др.;

II — высоко опасные (ПДК  $0,1\text{--}1,0 \text{ мг/м}^3$ ) — окислы азота, йод, марганец, медь, хлор, кремнезем, сероводород, едкие щелочи;

III — умеренно опасные (ПДК  $1,0\text{--}10 \text{ мг/м}^3$ ) — окислы серы, железа, ацетон;

IV — малоопасные (ПДК  $>10 \text{ мг/м}^3$ ) — аммиак,  $\text{CO}_2$ , бензин, скипидар (таблица 9).

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

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

В таблице 10 приведены основные отходы производства по классам опасности.

Таблица 10 — Примерный состав твердых промышленных отходов по классам опасности

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
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 (например, для слежения за газовыми потоками).

Широкое применение радиоактивных изотопов, соответственно, сопровождается накоплением большого количества радиоактивных отходов, связи с длительным и опасным воздействием этого вида отходов на биосферу и живые организмы разработаны специальные правила, которые регламентируют систему их утилизации и захоронения. 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.

Цель создания единой государственной политики в сфере обращения с отходами, приоритетным направлением которого является — создание основ системы управления отходами и проектов внедрения новых технологий по переработке металлургических отходов, уменьшающих негативное воздействие на окружающую природную среду.

Введен Закон «Об отходах», который определяет 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.

## 1.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Практическая работа №1 ИСТОЧНИКИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ОТ ПРЕДПРИЯТИЙ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

**Цель работы** — приобрести практический опыт: оценки состояния экологии производства и охраны труда. *уметь*: создавать условия для обеспечения безопасной работы, *знать*: виды и источники загрязнения от деятельности металлургических производств; критерии и оценки качества окружающей среды

#### **Ход работы**

Используя теоретический материал, заполнить таблицы 11, 12.

Таблица 11 — Классификация видов загрязнений в результате деятельности металлургического производства

Виды воздействия на ОС	Источники выбросов	Загрязняющие вещества
Вредные выбросы в атмосферу		
Загрязнение сточных вод		
Твёрдые отходы (отвалы)		
Шумовое загрязнение		
Тепловое загрязнение		
Электромагнитное загрязнение		

Таблица 12 — Характеристика основных загрязняющих веществ в металлургической отрасли

Загрязняющее вещество	Влияние на организм человека
<b>1. Оксиды азота</b>	При взаимодействии с углеводородами выхлопных газов оксиды азота образуют фотохимический туман – смог. При высоких концентрациях оксидов азота в атмосфере возможно отравление человека, сопровождающееся отеком легких, изъязвлением слизистых оболочек, головными болями, бессонницей.

Продолжение таблицы 12

Загрязняющее вещество	Влияние на организм человека
2.	
3	
4	

Сделать сравнительный анализ по цехам металлургического производства по количеству загрязняющих веществ и по масштабам загрязнения окружающей среды.

***Контрольные вопросы***

1. Классификация промышленных отходов по технологическому и гигиеническому признаку.
2. Классы опасности отходов.
3. Классификация загрязнений: материальных и энергетических.
4. Связь загрязняющих веществ с составом сырья и технологическими процессами.
5. Источники регламентированных выбросов газа основных переделов металлургического предприятия.
6. Источники образования сточных вод металлургического предприятия и их состав.
7. Твердые отходы металлургического предприятия.
8. Технологические мероприятия по снижению вредных выбросов в окружающую среду.
9. Контроль качества окружающей среды.

## 2 ГАЗОВЫЕ ВЫБРОСЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 2.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Черная металлургия одна из самых проблемных отраслей по общему количеству выбросов в атмосферу. Основными источниками выбросов являются: дробильно-размольное оборудование, места разгрузки, погрузки и пересыпки материалов; доменные, мартеновские печи, установки непрерывной разливки стали и т. д. В атмосферу поступают: диоксид углерода (67,5 % суммарного выброса в атмосферу), твердые вещества (15,5 %), диоксид серы (10,8 %), оксиды азота (5,4 %). Особенно существенна доля отрасли по выбросам, содержащим токсичный хром. По данным аэрокосмической съемки снежного покрова, зона действия предприятий черной металлургии прослеживается на расстоянии до 60–100 км от источника загрязнения. При выплавке 100 тонн стали в атмосферу выбрасывается 4 тонны вредных частиц, 3 тонны оксидов серы, 5 тонн оксида углерода, а также такие опасные загрязнители, как соединения марганца, свинца, фосфора, мышьяка, ванадия, ртути и др. В процессе сталеплавильного производства в атмосферу выбрасываются парогазовые смеси, состоящие из фенола, формальдегида, бензола, аммиака и других токсичных веществ.

**Диоксид углерода** (углекислый газ) — продукт окисления соединений, содержащих углерод. Образуется при дыхании организмов и при сжигании углеродсодержащего топлива. Повышение его концентрации в атмосфере усиливает парниковый эффект. Экологический ущерб от 1 тонны выброшенного диоксида углерода оценивается зарубежными специалистами в 10 долларов.

**Монооксид углерода** (угарный газ) — высокотоксичный газ, который образуется при сжигании топлива в условиях недостатка кислорода. Он образуется в двигателях внутреннего сгорания, является одним из составляющих в составе коксового и доменного газов, и относится к классу опасных веществ, загрязняющих атмосферу в городе. Через некоторое время после попадания в воздух угарный газ естественным путем преобразуется в менее опасный диоксид углерода. При повышении



его концентрации в воздухе свыше  $14 \text{ мг/м}^3$  повышается вероятность развития инфаркта миокарда.

**Оксиды азота.** Из 6 известных соединений азота и кислорода, в качестве загрязнителей атмосферы значение имеют оксид и диоксид азота, которые образуются при сгорании топлива в промышленности и при эксплуатации транспорта. Соединяясь с парами воды, они образуют азотистую и азотную кислоты. Последние составляют  $1/3$  кислотных компонентов в соответствующих дождях. При взаимодействии с углеводородами выхлопных газов оксиды азота образуют фотохимический туман – смог. При высоких концентрациях оксидов азота в атмосфере возможно отравление человека, сопровождающееся отеком легких, изъязвлением слизистых оболочек, головными болями, бессонницей.

**Диоксид серы** — оказывает общетоксичное, раздражающее, эмбриотоксическое действие.

**Сероводород** — весьма токсичный газ, присутствие которого легко определяется по характерному запаху тухлых яиц, проявляющемся уже при безопасном для человека содержании его в атмосфере (0,1 часть на 1 млн. частей). При высоких концентрациях, которые опасны для жизни, человек, напротив, перестает воспринимать его запах. Газ поражает нервную систему, глаза, а при содержании сероводорода  $250\text{--}500 \text{ мл/м}^3$  наступает тяжелое отравление с параличом дыхания и отеком легких. Промышленные источники выделения сероводорода – коксохимия, производство искусственных волокон, газовые выделения угольных шахт, нефтепромыслов, процессы нефтепереработки.

**Бенз(а)пирен** — соединение из группы полициклических ароматических углеводородов, относится к супертоксиантам (т.е. сверхопасным загрязняющим веществам, Майстренко и др., 1996). Это широко распространенное канцерогенное вещество, присутствующее в газообразных отходах промышленности, выхлопах автомобилей, в табачном дыме, в продуктах сгорания и др. До 40 % выбросов бенз(а)пирена приходится на черную металлургию, 26 % — на бытовое отопление, 16 % — на химическую промышленность.

**Фенол** — твердое вещество, представляющее собой бесцветные, розовеющие на воздухе кристаллы. Фенол — промежуточный продукт при производстве многих химических веществ (пестицидов, пластиков,

красителей и др.). Вдыхание паров фенола ведет к воспалению слизистых оболочек, контакт с кожей вызывает ожоги, попадание в пищеварительный тракт поражает печень и почки. Фенол губителен для водных экосистем, так как уже при невысоких его концентрациях гибнут многие организмы планктона и бентоса, а у рыбы ухудшаются вкусовые качества. Смертельная разовая доза фенола для человека составляет 15 г.

**Тяжелые металлы** — металлы с удельным весом свыше  $4,5 \text{ г/см}^3$ . Среди них есть и жизненно необходимые для человека - цинк, железо, марганец, медь. По степени опасности для здоровья человека тяжелые металлы относятся к первым трем классам опасности:

I класс: кадмий, ртуть, бериллий, селен, свинец, цинк;

II класс: кобальт, хром, медь, молибден, никель, сурьма;

III класс: ванадий, барий, вольфрам, марганец, стронций.

Тяжелые металлы попадают в окружающую среду со сточными водами, газообразными отходами промышленных предприятий и ТЭЦ, выхлопами автотранспорта, в результате чего содержание их в атмосфере города в 5–20 раз выше, чем в атмосфере над лесным массивом, удаленном от города. Загрязнение почв тяжелыми металлами происходит также при внесении фосфорных удобрений, в которых они содержатся как примеси. Тяжелые металлы могут подвергаться биологической концентрации, особенно в тканях рыб и грибов. Возможно повышенное содержание их в печени и почках домашних животных. Рассмотрим наиболее важные загрязняющие вещества этого класса.

**Ртуть.** Соединения ртути относятся к числу наиболее опасных веществ, загрязняющих атмосферу, воду, продукты питания. Металлическая ртуть мало опасна: угнетающее действие на организм оказывают ее пары. Сравнительно малоопасные и неорганические соединения ртути (соли), которые не летучи и потому могут нанести вред только при прямом попадании в организм с пищей. Главную опасность представляют ртутьсодержащие органические соединения, в особенности метилртуть. Известны трагические случаи массового отравления органическими соединениями ртути в Японии и Ираке.

**Свинец** — широко используемый в промышленности — один из наиболее опасных загрязнителей окружающей среды. Основным источником попадания свинца в организм человека — пища, причем особенно

высоким содержанием свинца в промышленных районах отличаются печень и почки сельскохозяйственных животных. Его повышенное содержание может быть в вине, пресноводной рыбе, некоторых плодово-овощных культурах. Вклад в загрязнение свинцом вносит транспорт, использующий этилированный бензин. Свинцовые отравления встречаются крайне редко, хотя попадание свинца в организм может усиливать болезни внутренних органов. В случае отравления свинцом на деснах появляется хорошо различимая темная свинцовая кайма.

**Кадмий** — тяжелый металл белого цвета. Попадание в организм даже малых доз кадмия оказывает сильное токсическое действие. Вдыхание кадмия с пылью на промышленных предприятиях вызывает у рабочих заболевание почек. Возможно, кадмий является канцерогенным веществом. В почву кадмий попадает с фосфорными удобрениями, в которых он содержится как примесь, а также при осаждении из загрязненной атмосферы. Кадмий концентрируется в печени и почках любых сельскохозяйственных животных. В 1 кг этих субпродуктов, полученных от животных, выращенных на территории промышленных районов (т. е. вокруг промышленных городов в радиусе 50 км) может содержаться до 200 мг/кг кадмия. Т. е. человек весом 70 кг при потреблении 1 кг печени получит кадмий в количестве, превышающем ПДК в 3 раза. К сожалению, контроль содержания кадмия в мясопродуктах не проводится. Опасные концентрации кадмия (до нескольких мг/кг) могут накапливаться в грибах.

#### **Связь загрязняющих веществ с составом рудничного сырья.**

Переработка железных руд с небольшим содержанием железа (40–46 %) связана со значительным расходом топлива, флюсов, снижением производительности доменных печей и, следовательно, с увеличением себестоимости. Поэтому «бедные руды» подвергают обогащению, в результате чего удаляется значительная часть пустой породы и вредных примесей. В зависимости от свойств руды применяют гравитационный, магнитный, флотационный способы обогащения. В результате обогащения получают концентраты с содержанием железа до 65–67 %, представляющие тонкодисперсную фракцию, которая по своим физическим свойствам не может использоваться в доменном процессе. Следовательно, следующим этапом рудоподготовки является агломерация. Схема

процесса спекания (образование агломерата) следующая: из бункеров руда вместе с коксом и флюсами с помощью ленточного транспортера подается к зажигательному горну. Кислород воздуха, просасываемый через шихту, поддерживает горение угля в шихте, необходимое для агломерации. Агломерат с транспортера сбрасывается в дробилку, из которой поступает на грохот (сито) для отделения мелочи. Далее куски определенного размера попадают в роторный холодильник, где охлаждаются воздухом, а мелкие удаляются в контейнер. Охлажденный агломерат подается в накопители агломерата, откуда в вагонах транспортируются в доменный цех. К крупным источникам пыли при подготовке шихты относятся участки разгрузки руды, размола и грохочения известняка, размола доломита, кокса, руды, дробления агломерата, транспортировки агломерата к вагонам и возвращение остатков агломерата. Причиной повышенного пылевыведения являются низкая влажность шихтовых материалов, которая не должна превышать 8–10 %, и их повышенная сыпучесть. Пыль, образующаяся на складах, крупнозернистая, ее свойства зависят от свойств и состава отдельных шихтовых материалов.

*Следует отметить, что свойства выбросов резко отличаются на разных металлургических предприятиях. Даже при агломерации количество выбросов различно по длине агломерационной ленты: в первой половине количество пыли невелико из-за повышенной влажности шихты и недостаточной газопроницаемости шихты (слипшаяся шихта); во второй половине влажность снижается, агломерат растрескивается, следовательно, увеличивается пылевыведение. Максимальное пылевыведение происходит при сбрасывании агломерата с транспортера (длина транспортера примерно 60 м, ширина 3–5 м, высота шихты 0,3 м). Отходящие агломерационные газы сильно загрязнены сернистым ангидридом, пылью, содержат оксид и диоксид углерода, кислород; температура газа 110–145 °С. Пыль содержит примерно 38 % связанного железа ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), 0,37 % металлического железа, оксиды и карбонаты кальция и магния  $\text{CaO}$ ,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{MgCO}_3$ , оксиды натрия и калия  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , оксиды кремния и алюминия  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , соединения марганца, цинка, фосфора  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{ZnS}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ . При сбрасывании агломерата с транспортной ленты с температурой 500–700 °С и дальнейшем его охлаждении воздухом также выделяется пыль. Выбросы на участке аг-*

ломерации составляют 10–20 % от количества загрязнений всего предприятия. В группе неорганических токсикантов особое место занимают тяжелые металлы, к которым условно относят химические элементы с атомной массой более 50. Считается, что среди химических элементов тяжелые металлы являются наиболее токсичными, так как обладают большим сродством с физиологически важными органическими соединениями, способны к медленному накоплению в живых организмах, вызывают отрицательное воздействие на рост и развитие. Например, избыточное количество марганца, меди, хрома, свинца, никеля и других элементов, содержащихся в почвах вблизи крупных промышленных предприятий, снижает урожайность зерновых на 20–30 %, картофеля — на 47 %, бобовых — на 40 %.

Органолептический метод анализа газовых смесей основан на определении примесей по цвету и запаху и дает приблизительное представление о составе смеси.

Запах имеют: сероводород, хлор, аммиак, диоксид серы, оксиды фосфора, углеводороды и многие органические вещества.

Окрашенные газы: фтор, хлор, диоксид азота и другие. Запах и цвет некоторых газов приведен в таблице 13.

Таблица 13 — Органолептические характеристики некоторых газов

Газы	Цвет	Запах
Фтор (F <sub>2</sub> )	Бледно-желтый	Резкий, раздражающий, напоминает одновременно запах хлора и озона
Хлор(Cl <sub>2</sub> )	Желто-зеленый	Резкий, характерный
Диоксид азота(NO <sub>2</sub> )	Бурый	Резкий, характерный
Аммиак (NH <sub>3</sub> )	Бесцветный	Резкий, характерный
Сероводород (H <sub>2</sub> S)	Бесцветный	Запах тухлый яиц
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	Бесцветный	Запах горячей серы
Углекислый газ (CO <sub>2</sub> )	Бесцветный	Без запаха

Также качественный анализ можно проводить с помощью фильтровальной бумаги, пропитанной соответствующим реактивом, так называемой реактивной бумагой. Реактивная бумага имеет определенный цвет в присутствии некоторых газов. Данные приведены в таблице 14.

Основой экспресс-метода является использование газоопределителей химических ГХ-М, предназначенных для продувания исследуемой газовой смеси через индикаторные трубки при экспресс определении содержания газовых компонентов в воздухе промышленных предприятий.

Таблица 14 — Изменение окраски реактивной бумаги

Бумага	Газы	Изменение цвета
Красная лакмусовая	$\text{NH}_3$	Синеет
	$\text{NO}$ , $\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{SiF}_4$ , $\text{SO}_2$ , $\text{CO}_2$	Не меняется
Синяя лакмусовая	$\text{NH}_3$	Не меняется
	$\text{HCl}$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{SO}_2$ , $\text{NO}$ , $\text{SiF}_4$ , $\text{CO}_2$	Краснеет
Йодокрахмальная	$\text{NO}$ , $\text{NO}_2$ , $\text{Cl}_2$	Синеет
Пропитанная раствором нитрата свинца	$\text{H}_2\text{S}$	чернеет

При продувании воздуха через индикаторные трубки, заполненные твердым веществом-адсорбентом, происходит изменение окраски индикаторного порошка. Длина окрашенного слоя пропорциональна концентрации исследуемого вещества.

## 2.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Практическая работа № 2

#### АНАЛИЗ ГАЗОВОГО СОСТАВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИМ И ЭКСПРЕСС-МЕТОДАМИ

##### *Цель работы:*

1. Определение органолептическим и экспресс-методами состава промышленных газов предприятия в атмосферном воздухе

### ***Техника безопасности***

Соблюдать общие правила безопасности при работе в химической лаборатории, а именно:

- не пробовать на вкус химические реактивы;
- все опыты с ядовитыми и плохо пахнущими веществами проводить в вытяжном шкафу;
- при химических ожогах пораженное место промывать струей воды из под крана в течении длительного времени, далее при ожогах кислотами (кроме  $H_2SO_4$ ) накладывать примочки 2 % раствора  $Na_2CO_3$ , а при ожогах щелочами — 2 % раствора  $CH_3COOH$ ;
- при попадании реактивов в глаза промыть глаза большим количеством воды и обратиться к врачу;
- при любых возгораниях применять подручные средства пожаротушения (огнетушитель, песок, брезент).

### ***Опыт 1 Органолептический и экспресс-методы анализа газовых смесей***

#### ***Техника безопасности***

1. Определять запах из пробирки направляющим движением ладони к носу.
2. Открывать пробку, держа отверстие пробирки в противоположную сторону (от себя).
3. Кислоту вливать в емкость осторожно, над столом, избегая попадания ее на кожу и одежду.
4. При нагреве пробирки держать ее отверстием от себя и других в противоположную сторону. Нагрев производить с большой осторожностью, только в верхнем слое пламени!!!
5. Проводить опыты с ядовитыми и плохо пахнущими веществами только в вытяжном шкафу.
6. Отламывать стеклянные запаянные концы индикаторной трубки специальным ножом.
7. Работать со стеклянными индикаторами осторожно, во избежание разбивания стекла и порезов.

### ***Опыт 1.1 Получение и определение сероводорода***

#### ***Материалы и оборудование***

сульфид железа FeS,  
соляная кислота HCl (конц.),  
фильтровальная бумага, смоченная нитратом свинца Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>,  
лакмусовая бумага (красная, синяя),  
пробирка с газоотводной трубкой,  
аспиратор сифонный АМ-5,  
трубки индикаторные для определения H<sub>2</sub>S.

#### ***Ход работы (опыт проводится в вытяжном шкафу)***

1. В пробирку с газоотводной трубкой положите несколько кусочков сульфида железа FeS. Налейте в нее немного концентрированной соляной кислоты HCl. Понюхайте газ. Поднесите к выделяемому газу фильтровальную бумагу, смоченную нитратом свинца. Поднесите к выделяемому газу поочередно полоски синей, а затем красной лакмусовой бумаги.

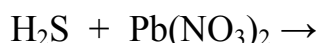
2. Согласно инструкции и техники безопасности работы со стеклом, собрать газоопределитель. Исследовать полученный газ. Согласно результатам шкалы на индикаторной трубке рассчитать объемную долю (в %) содержания данного газа в атмосферном воздухе.

Результаты наблюдений занесите в таблицу 15. Сделайте вывод.

Таблица 15 — Результаты исследования газа H<sub>2</sub>S

Характер запаха	Изменение цвета бумаги	Показания шкалы индикатора	Объемная доля в %

Закончите уравнения реакций:



### ***Опыт 1.2 Получение и определение оксида и диоксида азота***

#### ***Материалы и оборудование***

медная стружка Cu,  
азотная кислота HNO<sub>3</sub> (разб., конц.),



лакмусовая бумага (красная, синяя, йодокрахмальная),  
 пробирка с газоотводной трубкой,  
 аспиратор сифонный АМ-5,  
 трубки индикаторные для определения NO, NO<sub>2</sub>.

***Ход работы (опыт проводится в вытяжном шкафу)***

1. В пробирку с газоотводной трубкой насыпать небольшое количество медной стружки и прилить к ней немного сначала разбавленной азотной кислоты HNO<sub>3</sub>, а затем добавить несколько капель концентрированной кислоты. Отметьте окраску газа в обоих случаях. Поднесите к выделяемому газу поочередно полоски синей, красной, а затем йодокрахмальной лакмусовой бумаги.

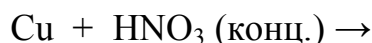
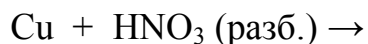
2. Согласно инструкции и техники безопасности работы со стеклом, собрать газоопределитель. Исследовать полученный газ. Согласно результатам шкалы на индикаторной трубке рассчитать объемную долю (в %) содержания данного газа в атмосферном воздухе.

Результаты наблюдений занесите в таблицу 16. Сделайте вывод.

Таблица 16 — Результаты исследования NO, NO<sub>2</sub>

Окраска газа	Изменение цвета бумаги	Показания шкалы индикатора	Объемная доля в %
NO			
Окраска газа	Изменение цвета бумаги	Показания шкалы индикатора	Объемная доля в %
NO <sub>2</sub>			

Закончите уравнения реакций:



***Опыт 1.3 Получение и определение диоксида углерода***

***Материалы и оборудование***

кусочки мрамора CaCO<sub>3</sub>,  
 соляная кислота HCl (конц.),  
 лакмусовая бумага (красная, синяя),  
 пробирка с газоотводной трубкой.

аспиратор сильфонный АМ-5,  
трубки индикаторные для определения  $\text{CO}_2$ .

### ***Ход работы***

В пробирку с газоотводной трубкой насыпать небольшое количество кусочков мелко истолченного мрамора (для ускорения протекания реакции) и прилить к ним концентрированной соляной кислоты  $\text{HCl}$ . Осторожно встряхните пробирку и понюхайте выделяющийся газ. Поднесите к выделяемому газу поочередно полоски синей и красной лакмусовой бумаги.

2. Согласно инструкции и техники безопасности работы со стеклом, собрать газоопределитель. Исследовать полученный газ. Согласно результатам шкалы на индикаторной трубке рассчитать объемную долю (в %) содержания данного газа в атмосферном воздухе.

Результаты наблюдений занесите в таблицу 17. Сделайте вывод.

Таблица 17 — Результаты исследования  $\text{CO}_2$

Характер запаха	Изменение цвета бумаги	Показания шкалы индикатора	Объемная доля в %

Закончите уравнение реакции:



### ***Опыт 1.4 Получение и определение кислорода***

#### ***Материалы и оборудование***

перманганат калия  $\text{KMnO}_4$  (крист.),  
пробирка с газоотводной трубкой,  
сухое горючее,  
аспиратор сильфонный АМ-5,  
трубки индикаторные для определения  $\text{O}_2$ .

#### ***Ход работы***

1. В пробирку с газоотводной трубкой насыпать небольшое количество кристаллов перманганата калия  $\text{KMnO}_4$ . Осторожно, в противоположную сторону от себя, нагревать пробирку в верхнем слое пламени

до выделения газа. Понюхайте газ. Поднесите к горлышку пробирки тлеющую лучинку. Что Вы наблюдаете?

*Внимание! Пробирка для проведения данного опыта должна быть абсолютно сухой и без видимых дефектов (трещин, надколов и т. д.).*

2. Согласно инструкции и техники безопасности работы со стеклом, собрать газоопределитель. Исследовать полученный газ. Согласно результатам шкалы на индикаторной трубке рассчитать объемную долю (в %) содержания данного газа в атмосферном воздухе.

Результаты наблюдений занесите в таблицу 18. Сделайте вывод.

Таблица 18—Результаты исследования O<sub>2</sub>

Характер запаха	Изменение цвета бумаги	Показания шкалы индикатора	Объемная доля в %

Закончите уравнение реакции:



### ***Контрольные вопросы***

1. Назовите состав промышленных газов в атмосферном воздухе металлургического предприятия?

2. Дать органолептические характеристики основных газовых выбросов металлургического предприятия.

3. Что является основой экспресс-метода определения газовых компонентов в воздухе промышленных предприятий?

4. Описать принцип работы газоопределителей. Дать их классификацию.

5. Санитарная охрана атмосферного воздуха.

### **3. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ**

#### **3.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

Пыль (взвешенные вещества) — это мельчайшие твёрдые частицы естественного и искусственного происхождения, которые могут находиться во взвешенном состоянии в воздухе.

Источниками естественного образования пыли являются в основном постоянно действующие в природе процессы выветривания и эрозии. Что же касается искусственных источников пылеобразования, то к ним можно отнести такие производственные процессы, как бурение буров и скважин, погрузка и разгрузка сыпучих материалов, дробление и измельчение твёрдых материалов, работа с цементом, асбестом, гипсом, мукой, движение транспортных средств и т. д.

Степень вредного физиологического действия пыли зависит от её физико-химической природы. С целью уменьшения и исключения неблагоприятного воздействия пыли на человека и ОС, допустимое содержание пыли в атмосферном воздухе ограничивается. Критерием качества воздушной среды атмосферы является предельно-допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ, определяемая количеством вещества, находящегося в 1 м<sup>3</sup> воздуха, которое не оказывает вредное влияние на здоровье человека, постоянно его вдыхающего.

##### **3.1.1 Свойства пыли и методы ее определения**

###### **Понятия пыли и других видов аэрозолей. Классификация пыли**

Аэрозоль представляет собой дисперсную систему, в которой дисперсной средой является газ, в частности, воздух, а дисперсной фазой — твердые или жидкие частицы. Наиболее мелкие (тонкие) аэрозольные частицы по размерам близки к крупным молекулам, а для наиболее крупных наибольший размер определяется их способностью более или менее длительное время находиться во взвешенном состоянии. Обычно речь идет о частицах размером до 100–200 мкм, а по некоторым представлениям до 500 мкм.

Различают дисперсионные и конденсационные аэрозоли. Дисперсионные аэрозоли образуются при измельчении (диспергировании)

твердых и жидких веществ. Конденсационные аэрозоли образуются при конденсации насыщенных паров, а также в результате газовых реакций.

Дисперсионные частицы обычно значительно грубее, чем конденсационные, обладают большей полидисперсностью, имеют неправильную форму. Конденсационные аэрозоли имеют часто правильную шарообразную или кристаллическую форму и при коагуляции, сливаясь, снова получают шарообразную форму.

К аэрозолям относятся пыли, туманы и дымы. Пылью называют дисперсионные аэрозоли с твердыми частицами, независимо от дисперсности. Пылью обычно также называют совокупность осевших частиц (гель или аэрогель).

Под туманами понимают газообразную среду с жидкими частицами как конденсационными, так и дисперсионными, независимо от их дисперсности.

Дымами называют конденсационные аэрозоли с твердой дисперсной фазой или включающие частицы и твердые, и жидкие.

На практике часто приходится встречаться с аэрозолями, включающими частицы как дисперсионного, так и конденсационного происхождения, обычно ультрамикроскопического размера.

В технике и в повседневной жизни постоянно приходится сталкиваться с веществами, находящимися в измельченном состоянии. Основное внимание уделено рассмотрению пыли, так как в большинстве случаев воздух приходится очищать от данного вида аэрозоля. Большинство систем очистки предназначено для улавливания пыли. Рассматриваются также другие виды аэрозолей.

Пыль может быть классифицирована по нескольким признакам, в том числе по своему происхождению, т. е. по материалу, из которого она образована. В зависимости от происхождения различают пыль естественного происхождения и промышленную. Первая образуется в результате процессов, не связанных непосредственно с процессом производства, хотя во многих случаях имеется взаимосвязь между этим видом пылеобразования и хозяйственной деятельностью человека.

К пыли естественного происхождения относят пыль, образующуюся в результате эрозии почвы (на этот процесс, конечно, влияет деятельность человека), а также пыль, возникающую при выветривании

горных пород, пыль космического происхождения и т. д. Естественное происхождение имеют также органические пылевидные частицы — пыльца, споры растений. К образующейся в результате эрозии почвы, обветривания горных пород и т. п. близка по составу пыль, возникающая при выветривании строительных конструкций, дорог и других сооружений. С пылью естественного происхождения приходится сталкиваться, главным образом, при решении вопросов очистки приточного воздуха перед поступлением его в вентилируемые помещения.

Промышленная пыль возникает в процессе производства. Почти каждому виду производства, каждому материалу или виду сырья сопутствует определенный вид пыли. Большая часть видов пыли возникает в результате процессов, связанных с обработкой материалов (резание, шлифование и т. п.), их сортировкой и транспортированием (погрузка, разгрузка и т. п.). В зависимости от материала, из которого пыль образована, она может быть органической и неорганической.

Неорганическая пыль подразделяется на минеральную (кварцевая, цементная и др.) и металлическую (стальная, чугунная, медная, алюминиевая и др.).

Значительная часть промышленной пыли — смешанного происхождения, т. е. состоит из частиц неорганических и органических или, будучи органической, включает в себя частицы минеральной и металлической пыли. Это нужно учитывать при выборе методов очистки и пылеулавливающего оборудования.

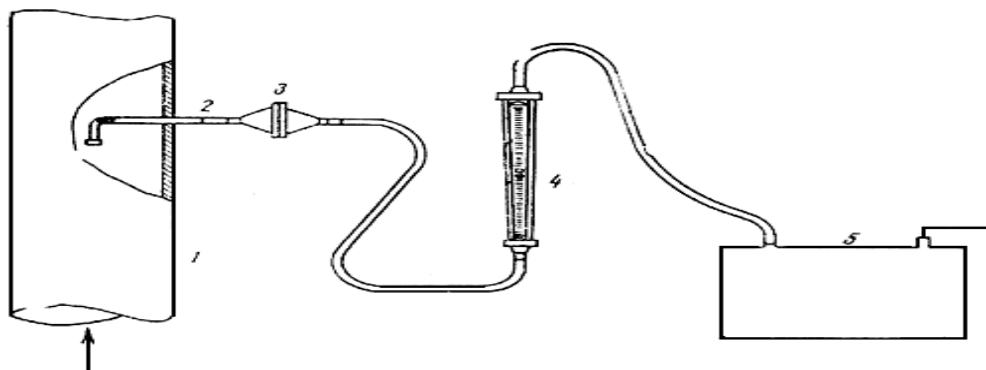
### **Основные свойства пыли и их определение**

#### *Отбор проб пыли из газового потока*

Для отбора проб пыли из воздухопроводов применяют два способа: внешней фильтрации, при котором используют закрытый аллонж с фильтром, расположенный вне воздуховода, и внутренней фильтрации, когда открытый аллонж с фильтром находится непосредственно в воздуховоде (рис. 1,2 а, б).

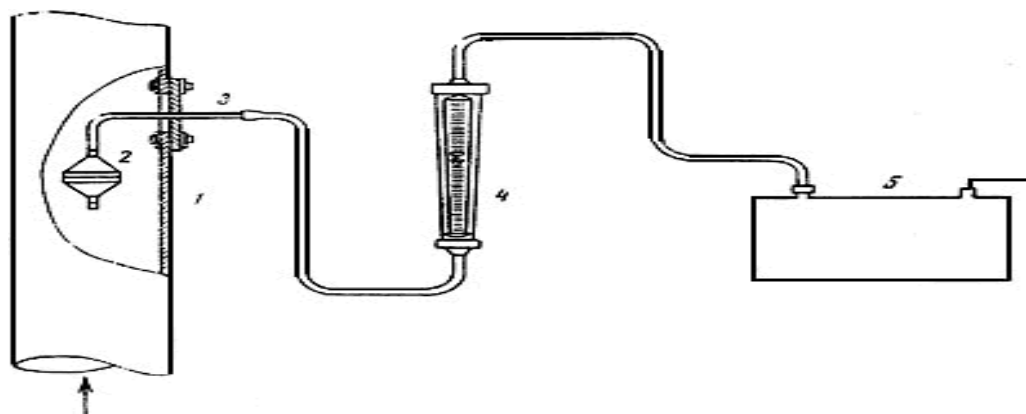
При внешней фильтрации в воздуховод вводят пылеотборную трубку с наконечником. Применяют пылеотборные трубки различных систем, в том числе универсальную пылезаборную трубку (рис. 3). Трубки оснащаются съёмными наконечниками различных размеров: № наконечника 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 15, 20. Расчетный диаметр, мм 4,6;

6,5; 8; 9,2; 10,3; 11,3; 12,2; 13; 13,8; 14,5; 17,8; 20,6. Наконечники больших размеров обычно используют для отбора проб пыли для дисперсного анализа, так как в этом случае необходимы значительные ее навески.



*1 — воздуховод; 2 — пылеотборная трубка; 3 — аллонж с фильтром;  
4 — ротаметр; 5 — аспиратор*

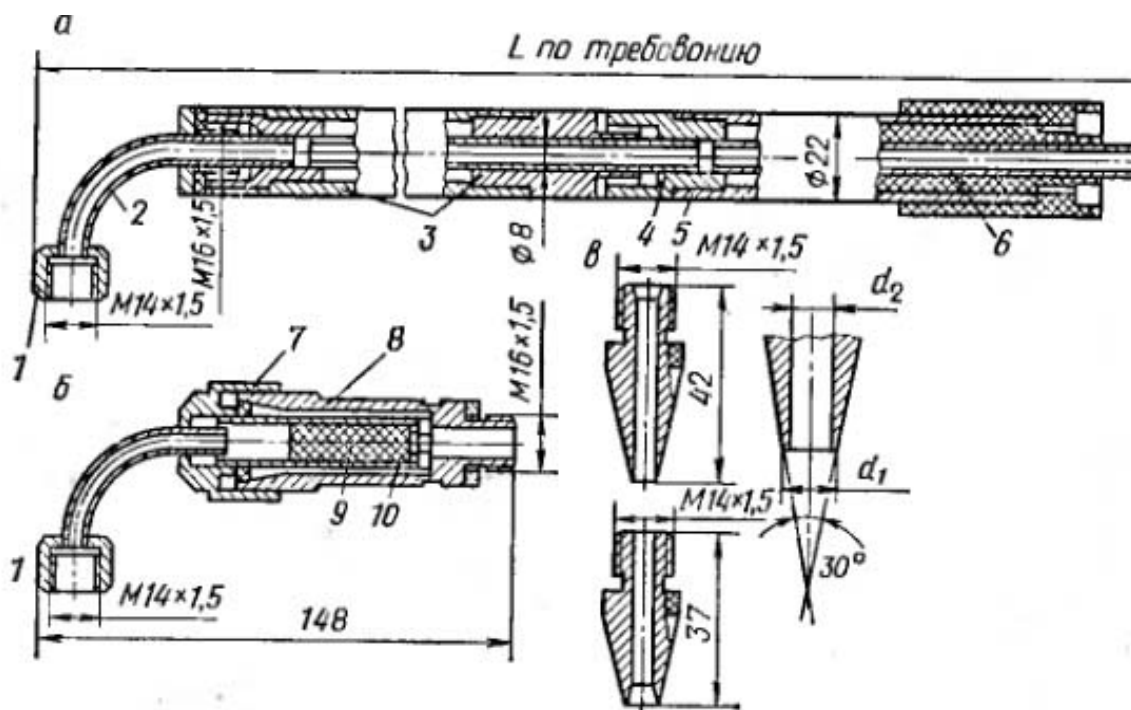
Рисунок 1 — Схема отбора проб пыли методом внешней фильтрации



*1 — воздуховод; 2 — аллонж с фильтром; 3 — металлическая трубка;  
4 — ротаметр; 5 — аспиратор*

Рисунок 2 — Схема отбора проб пыли методом внутренней фильтрации

Отбор проб воздуха из воздуховодов должен выполняться с соблюдением принципа изокINETИЧНОСТИ, который состоит в том, что скорость воздуха во входном отверстии пылеотборного устройства должна быть равна скорости воздуха в воздуховоде.



- а — трубка со сменным коленом для внешней фильтрации;  
 б — фильтрующий элемент для внутренней фильтрации; в — сменный наконечник;  
 1 — гнездо для наконечника; 2 — колесо; 3 —свинчиваемые звенья;  
 4 — трубка; 5 — кожух; 6 — нагреватель; 7 — уплотнение; 8 — корпус  
 фильтрующего элемента; 9 — фильтрующая набивка; 10 — гильза

Рисунок 3 — Универсальная заборная трубка

Погрешность при нарушении изокинетичности возрастает с увеличением размеров пылевых частиц. При отборе пыли с частицами менее 5 мкм строгое соблюдение изокинетичности не требуется.

#### *Дисперсность пыли*

Дисперсность — степень измельчения вещества. Под дисперсным (зерновым, гранулометрическим) составом понимают распределение частиц пыли по размерам. Он показывает, из частиц какого размера состоит данная пыль, и массу или количество частиц соответствующего размера. Дисперсность в значительной мере определяет свойства пыли. В результате измельчения изменяются некоторые свойства вещества и приобретаются новые. Это вызвано, в основном, тем, что при диспергировании вещества многократно увеличивается его суммарная поверхность. Например, при измельчении тела, имеющего форму куба и размеры 20x10x10 мм, и превращении его в частицы кубической формы с размером 1 мкм, суммарная поверхность материала возрастет в



10000 раз и станет равной  $6 \text{ м}^2$  (вместо  $600 \text{ мм}^2$ ). В результате резкого увеличения суммарной поверхности вещества повышается поверхностная энергия, что влечет за собой увеличение физической и химической активности. Очень быстро и интенсивно протекают реакции окисления этих веществ. О повышении физической активности говорит, например, то, что измельченные вещества растворяются во много раз быстрее, чем исходный материал. Во взвешивающей газообразной среде присутствует влага, пары кислот, щелочей. В результате их поглощения свойства частиц отличаются от свойств исходного материала.

Дисперсный состав характеризует пыль с различных сторон. Кроме физических и химических свойств, дисперсный состав определяет в значительной мере характер и условия распространения пыли в воздушной среде. Мелкодисперсная пыль осаждается значительно медленнее, а особо мелкодисперсная пыль практически вовсе не осаждается. Таким образом, рассеивание пылевых частиц в воздухе в значительной мере определяется дисперсным составом пыли. Важнейший вопрос пылеулавливания — выбор пылеулавливающего оборудования — решается главным образом на основании дисперсного состава пыли.

### **3.1.2 Определение содержания пыли в воздухе**

#### **Единицы измерения**

Содержание пыли в воздухе можно выразить, как массу пыли, приходящуюся на единицу объема ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ), или как число пылевых частиц в единице объема воздуха (обычно в  $1 \text{ см}^3$ ). ГОСТ 12.1.005-38 устанавливает предельно допустимую концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны промышленных предприятий (ПДК) в  $\text{мг}/\text{м}^3$ . По мнению гигиенистов в развитии пылевой патологии при постоянстве химического состава пыли первостепенное значение имеет масса задержанной в организме пыли, которая зависит от массовой концентрации пыли в воздухе.

Определение массовой концентрации пыли в воздухе проще и доступнее, чем ее счетного содержания. Однако, для более полного представления о характере пыли и, следовательно, о влиянии ее на организм человека и на технологический процесс желательно получить также данные о дисперсном составе пыли, содержащейся в воздухе и о коли-

честве пылевых частиц в единице объема воздуха. Счетный метод обычно основан на микроскопических исследованиях.

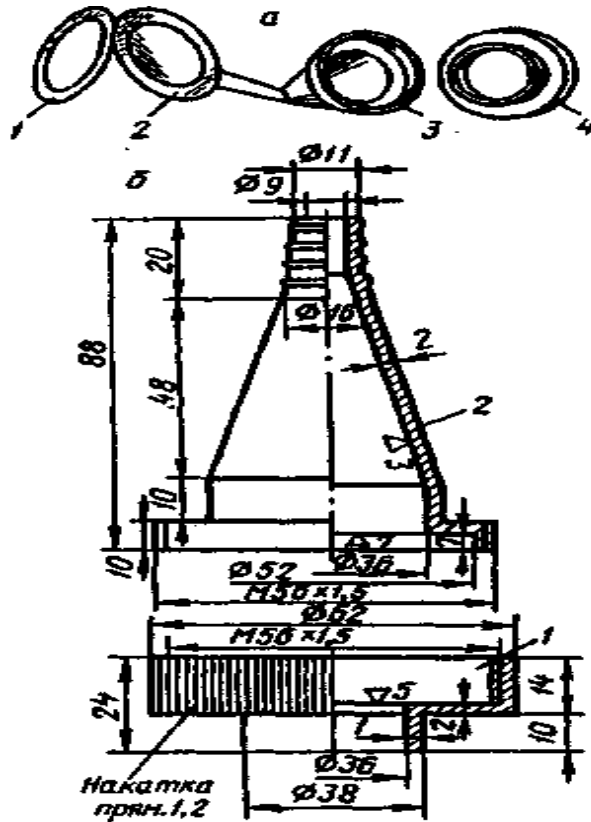
Содержание пыли в воздухе может быть определено прямыми методами, связанными с непосредственным определением массы пыли или числа частиц в единице объема пыли, либо косвенными методами: по изменению сопротивления движению пылегазового потока, в зависимости от содержания в нем соответствующего количества пыли или по изменению оптических показателей, в связи с изменением концентрации пыли в воздухе.

### **Определение массового содержания пыли в воздухе**

Наиболее распространенный метод определения массового содержания пыли в воздухе заключается в том, что некоторый объем воздуха пропускают через фильтровальный материал и находят массу этого материала до и после запыления.

В настоящее время широко применяют специальные аналитические аэрозольные фильтры АФА (рис. 4.). Фильтрующим материалом является перхлорвиниловая ткань ФПП. Ткань помещена в защитное бумажное кольцо. При отборе проб фильтры устанавливают в металлические или пластмассовые патроны. Пробы отбирают на различных участках производственных помещений и населенных пунктов, где необходимо определить содержание пыли в воздухе.

Фильтр и патрон показаны на рисунке 4. Фильтр взвешивают до и после запыления на лабораторных весах точно до 0,1 мг. Перед взвешиванием фильтры выдерживают в помещении с постоянной влажностью не менее 30 минут.



*а — фильтр АФА-ВП:*

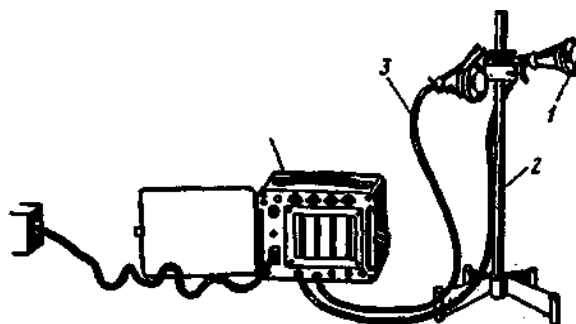
*1 — защитные бумажные кольца; 2 — фильтр; 3 — корпус конусного патрона;*

*4 — зажимная гайка; б — патрон к фильтру АФА-ВП-10:*

*1 — зажимная гайка; 2 — корпус патрона*

Рисунок 4 — Устройство фильтра и патрона

Методика отбора проб в этих точках значительно отличается от описанной выше методики отбора проб из воздухопроводов. На рабочих местах пробы отбирают на уровне дыхания работающего (рис. 5.).



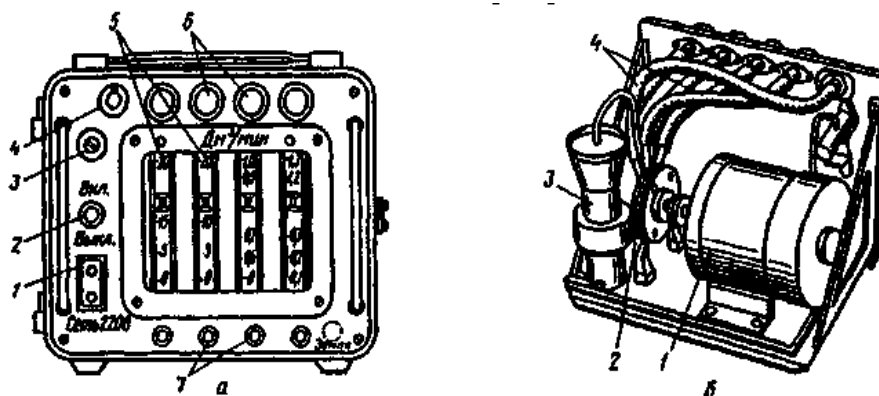
*1 — патрон с фильтрами; 2 — штатив, 3 — резиновая трубка;*

*4 — аспиратор*

Рисунок 5 — Установка для определения запыленности воздуха

В качестве побудителя могут быть использованы аспиратор модели 822, эжекторный аспиратор, пылесос с ротаметром. Патрон и фильтры соединены с аспиратором резиновыми шлангами.

Аспиратор модели 822 (рис. 6.) состоит из воздуходувки, электродвигателя и четырех ротаметров. Ротаметр предназначен для измерения расхода воздуха. Он представляет собой стеклянную трубку с поплавком. На трубках нанесена шкала: на двух — от 0 до 20 л/мин и на двух — от 0 до 1 л/мин. Первые два ротаметра служат при отборе проб воздуха на запыленность, вторые — на загазованность. Аспиратор работает от сети переменного тока и потребляет мощность 100 Вт. Обычно отбирают две параллельные пробы, и запыленность воздуха принимают как среднее значение из двух замеров.



**а — передняя панель аспиратора модели 822:**

1 — колодка для присоединения электрического шнура; 2 — выключатель; 3 — электро предохранитель; 4 — предохранительный клапан для предотвращения перегрузки электродвигателя; 5 — ротаметры; 6 — ручки вентиля ротаметров для регулирования объемных расходов воздуха; 7 — штуцера для присоединения резиновых трубок к фильтрам;

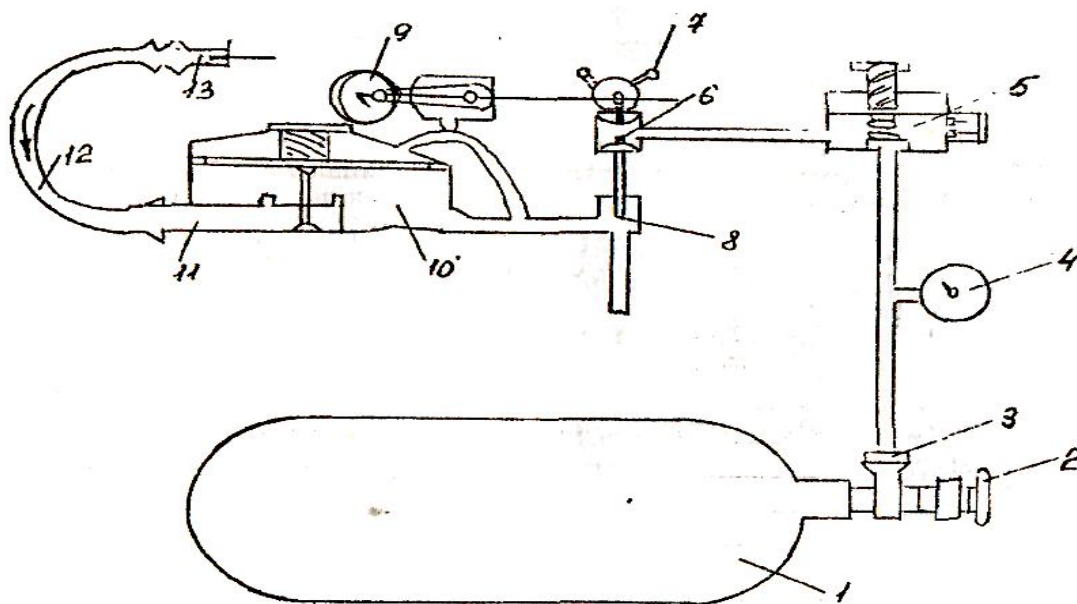
**б — внутреннее устройство аспиратора модели 822:**

1 — электродвигатель; 2 — ротационная воздуходувка; 3 — масленка для непрерывной смазки лопастного ротора воздуходувки; 4 — резиновые шланги для соединения воздуходувки с ротаметрами.

Рисунок 6 — Аспиратор модели 822

Для отбора проб воздуха в помещениях с взрывоопасной средой, а также, когда затруднительно подключение к электросети, применяют эжекторный аспиратор, например, типа АЭРА (рис.7.). Воздух из поме-

щения эжектируется воздухом, который поступает в эжектор через редуктор из баллона со сжатым воздухом.



1 — баллон со сжатым воздухом; 2 — вентиль баллона; 3 — гайка для соединения баллона с прибором; 4 — манометр; 5 — редуктор; 6 — перекрывной клапан; 7 — Ручка переключателя; 8 — эжектор; 9 — секундомер; 10 — автоматический регулятор потока 11 — штуцер регулирования Потока; 12 — резиновая трубка; 13 — аллонж

Рисунок 7 — Эжекторный аспиратор АЭРА

Концентрацию пыли в воздухе,  $c$ , мг/м, определяют по формуле:

$$c = 2,76 \times 10^6 \times G(273 + t_c) / V_\tau P_b$$

где  $G$  — масса пыли, г;

$t_c$  — температура воздуха по сухому термометру, °С;

$V$  — расход воздуха через прибор, л/мин;

$t$  — продолжительность отбора воздуха, мин;

$P_b$  — барометрическое давление, Па.

Определение концентрации пыли по изменению сопротивления фильтра. Определение концентрации основано на том, что существует прямая зависимость между сопротивлением фильтра воздушному потоку и количеством дисперсной фазы.

На таком принципе устроен и работает прибор (рис.8.). Запыленный воздух с помощью эжектора проходит через круглое отверстие, по которому медленно и равномерно движется лента из бумажного фильтровального материала шириной 30 мм со скоростью 3,3 мм/мин. Постоянство скорости обеспечивается электромагнитным регулятором, состоящим из манометра, который измеряет давление на диафрагме, и электромагнитного вентиля, с помощью которого регулируется количество сжатого воздуха, а, следовательно, расход запыленного воздуха через фильтр.

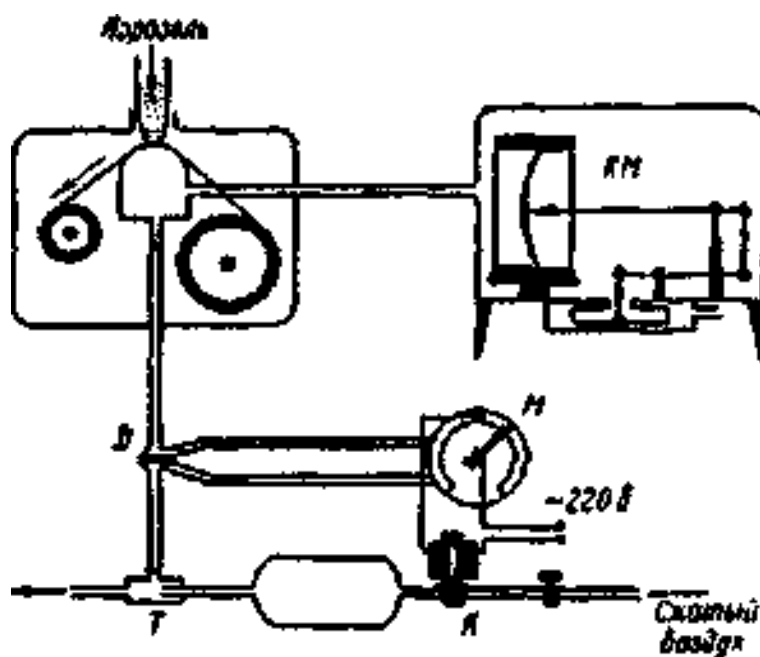


Рисунок 8 — Схема автоматического прибора, основанного на определении изменения перепада давления на фильтре.

Изменение давления на ленте регистрирует чувствительный манометр. Имея градуировочную кривую зависимости перепада давления на фильтре от концентрации пыли в воздухе, можно непрерывно измерять содержание пыли в воздухе. Прибор заряжается лентой фильтровального материала на 24 часа.

В настоящее время наибольшее распространение получили два метода определения содержания пыли в воздухе — гравитационный (весовой) и счетный, причем основным признан гравитационный. Указанный метод даёт количественную характеристику исследуемого воздуха весом, витающих в единице объёма пылевых частиц.

К методам контроля запылённости воздуха предъявляются следующие основные требования:

1 — максимальная общая погрешность определения не должна превышать  $\pm 25\%$ ;

2 — степень задержания пыли фильтром должна быть не менее 95 %;

3 — отбор проб воздуха должен производиться в зоне дыхания человека;

4 — работы определения концентрации пыли приводятся к нормальным условиям, (температура  $0^{\circ}\text{C}$ , барометрическое давление 760 мм рт ст.).

Метод гравитационного определения запылённости воздуха заключается в фильтрации измеренного объёма воздуха. Сущность весового метода измерения состоит в выделении пылевых частиц из известного объёма воздуха с последующим их взвешиванием. Методика предназначена для определения массовой концентрации пыли в атмосферном воздухе. Используется для измерения разовых и среднесуточных концентраций пыли при удельном расходе воздуха  $5\text{дм}^3$  в диапазонах:  $0,26\text{--}50\text{мг/м}^3$ ;  $0,007\text{--}0,69\text{мг/м}^3$ . По экспертным оценкам, при определении концентрации пыли в атмосферном воздухе в указанных диапазонах, относительная погрешность не превышает  $\pm 25\%$ .

Метод основан на определении массы взвешенных частиц пыли, которые задерживаются на фильтрах типа АФА-ВП-20, АФА-ХП-20 при прохождении через фильтр определённого объёма воздуха.

*Подготовка и выполнение измерений на ПНЗ (пункт наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха)*

При выполнении измерений должны быть применены следующие средства измерений:

– Весы аналитические ВЛР-200.

– Ротаметр РС-1.

– Фильтры АФА-ВП-20, АФА-ВП-20-1, АФА-ХП-20.

Система для отбора проб воздуха на пыль представлена на рисунках 9 и 10.

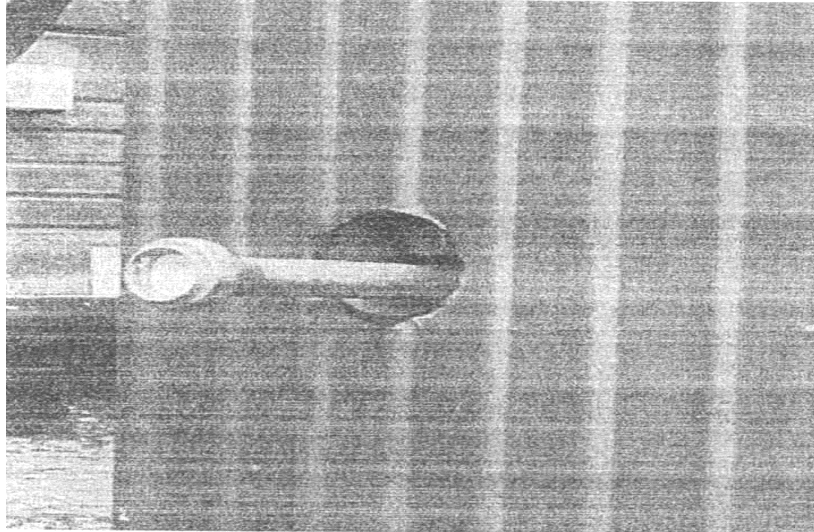


Рисунок 9 — Фильтродержатель с фильтром снаружи поста наблюдений

Фильтродержатель выставляется через люк ПНЗ с внешней стороны, а другой располагается в середине ПНЗ и заканчивается гибким шлангом. Эта система отбора проб воздуха на взвешенные частицы (пыль) представлена на рисунке 10.

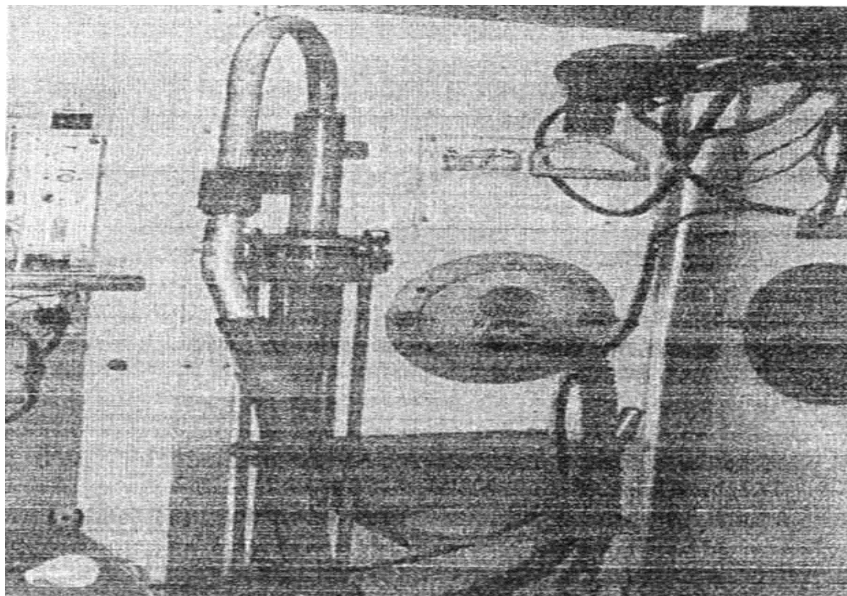


Рисунок 10 — Система отбора проб воздуха на взвешенные частицы (пыль) внутри ПНЗ

Перед отбором пробы фильтр должен быть взвешен на аналитических весах (рис. 11).





Рисунок 11 — Аналитические весы

Перед этим фильтр не менее 1 часа выдерживают в помещении, где производится взвешивание. Фильтр следует брать пинцетом за край. Взвешенные чистые фильтры помещают в полиэтиленовые пакеты, на которых наносят номер фильтра и его начальную массу. Подготовленные фильтры используют для отбора проб на ПНЗ.

Для определения разовой концентрации пыли отбор производят в течение 20 минут.

Фильтр с отобранной пробой осторожно вынимают из фильтродержателя, складывают пополам запыленной поверхностью внутрь и помещают последовательно в пакет из кальки и в полиэтиленовый пакет. На пакет шариковой ручкой наносят следующие данные:

- наименование и номер города;
- дату и время отбора.

Фильтры передаются в лабораторию для определения массы пыли. Перед взвешиванием в лаборатории фильтры вновь выдерживают не менее часа в помещении, где производят взвешивание. Если отбор производился при относительной влажности воздуха, близкой к 100 %, то фильтр доводят до постоянной массы. Для этого его помещают в стеклянной чашке в эксикатор с плавленым хлористым кальцием на 2 часа или в сушильный шкаф с температурой 40–50°C на 30–50 минут, а затем необходимо выдержать 40–50 минут в помещении, где проводят взве-

шивание. Если при взвешивании фильтра масса его изменяется, то повторяют операцию просушивания.

Взвешенные фильтры тщательно упаковывают и отсылают на анализ БП (бенз/а/пирена).

Количество фильтров в месяц соответствует числу рабочих дней с ежедневным трехразовым отбором проб.

Например: в мае месяце 26 рабочих дней, в день в ручном режиме по три отбора. Всего за месяц необходимо использовать 78 фильтров и пронумеровать их с № 1 по № 78.

### **3.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **Практическая работа № 3 МЕТОДЫ И СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ. ГРАВИТАЦИОННЫЙ МЕТОД**

##### ***Цель работы:***

1. Используя математические расчеты, научиться определять содержание взвешенных веществ в атмосферном воздухе гравитационным методом.

##### ***Ход работы***

##### ***Задание 1 Расчет содержания пыли (взвешенных веществ)***

Массовую концентрацию ( $\rho$ , мг/м<sup>3</sup>) взвешенных частиц в воздухе рассчитывают по формуле:

$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V_0},$$

где  $m_1$  — масса фильтра без пыли,

$m_2$  — масса фильтра с пылью,

$V_0$  — объём воздуха, пропущенный через фильтр, приведённый к нормальным условиям: температура — 0°C, давление — 760 мм рт. ст.)

*Например:* Отбор пробы на пыль при давлении 735 мм рт. ст.,

Температура + 10°C,  $m_1 = 0,1020$  г,  $m_2 = 0,1040$  г,  $m = 0.002$  г (2,0 мг)

$$V_0 = k_{\text{прив.}} \cdot V_{\text{пыли}}$$

$V_{\text{пыли}} = 3000$  л (согласно методике отбора проб),  $k_{\text{прив.}} = 0,933$

$V_0 = 0,933 \cdot 3000$  л = 2799 л, или 2,799 м<sup>3</sup> (1 л = 1 дм<sup>3</sup>, 1 м<sup>3</sup> = 1000 дм<sup>3</sup> = 1000 л)

(3000 л — объём отбора проб на ротаметре, согласно методики отбора проб)

$k$  — коэффициент приведения находится по таблице 19

$C(p) = m_2 - m_1 / V_0 = 0,1040 - 0,1020 / 2,799 = 0,7$  мг/м<sup>3</sup>

### ***Задания к выполнению практической работы***

1. Определить концентрацию пыли при:

$t + 20^\circ\text{C}$ , давлении 745 мм рт ст.,  $V_{\text{пробы}} = 3000$  л,

$m_1 = 0,0832$  г,  $m_2 = 0,0838$  г

$k$  найти в таблице 20.

2. Выполнение индивидуального задания по расчету концентрации пыли.

Заполнить графы 7 и 8 приведённой таблицы 19 (согласно номера списочного состава группы). Сделать заключение о содержании пыли в атмосферном воздухе, сравнив полученные данные с нормативом.

Таблица 19 — Варианты расчета концентрации взвешенных веществ

№ п/п	t°С	Р <sub>мм ртст</sub>	k <sub>прив.</sub>	Вес фильтра		m <sub>фильтра</sub>	C, мг/м <sup>3</sup>
				чистого	с пылью		
1	2	3	4	5	6	7	8
1	24	736	0,889	0,0824	0,0833		
2	29	735	0,873	0,0861	0,0861		
3	+28	734	0,874	0,0940	0,0940		
4	+18	732	0,903	0,0801	0,0807		
5	+23	733	0,889	0,0859	0,0875		
6	+14	734	0,919	0,0835	0,0849		
7	+12	740	0,933	0,0881	0,0907		
8	+25	740	0,892	0,0901	0,0920		
9	+17	740	0,916	0,0855	0,0864		
10	+12	741	0,934	0,0858	0,0867		
11	+18	742	0,916	0,0844	0,0855		

Продолжение таблицы 19

№ п/п	t°С	P <sub>мм ртст</sub>	k <sub>прив.</sub>	Вес фильтра		m <sub>фильтра</sub>	C, мг/м <sup>3</sup>
				чистого	с пылью		
1	2	3	4	5	6	7	8
12	+20	743	0,911	0,0832	0,0838		
13	+15	745	0,929	0,0846	0,0855		
14	+25	745	0,899	0,0790	0,0801		
15	+23	745	0,904	0,0919	0,0928		
16	+20	744	0,912	0,0833	0,0839		
17	+14	741	0,934	0,0884	0,0910		

Таблица 20 — Коэффициенты перерасчета для приведения объёма воздуха к нормальным условиям

t°С	Давление, мм рт ст								
	730	735	740	745	750	755	760	765	770
0	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	1,0	1,0	1,1
5	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99
10	0,93	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,97	0,98
15	0,91	0,92	0,92	0,93	0,94	0,94	0,96	0,96	0,96
20	0,89	0,90	0,91	0,91	0,92	0,94	0,93	0,94	0,94
t°С	Давление, мм рт ст								
	730	735	740	745	750	755	760	765	770
25	0,88	0,89	0,89	0,90	0,90	0,93	0,92	0,93	0,93
30	0,87	0,97	0,88	0,88	0,89	0,90	0,90	0,91	0,91
35	0,85	0,86	0,86	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90
40	0,84	0,84	0,85	0,85	0,86	0,87	0,87	0,88	0,88

**Контрольные вопросы**

1. Сколько необходимо отобрать проб пыли за месяц при трёхразовом дневном отборе на протяжении 25-ти рабочих дней?
2. Какими требованиями необходимо руководствоваться при взвешивании фильтров с пылью?

3. Почему необходимо приводить объём пропущенного воздуха к нормальным условиям при расчете концентрации пыли?
4. Какие правила по технике безопасности необходимо соблюдать при отборе и анализе проб на пыль?
5. Что называется пылью (дать определение)?
6. В чем заключается гигиеническая вредность пыли?
7. Что такое ПДК (дать определение), виды ПДК по атмосферному воздуху.
8. В чем принципиально заключается сущность весового метода определения концентрации пыли?
9. С помощью какого прибора осуществляется отбор проб на пыль на ПНЗ?
10. Назвать санитарно-гигиенические нормы содержания пыли в атмосферном воздухе.
11. Каковы способы защиты от пыли в условиях города?

## 4. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЩЕГО АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ

### 4.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Анализ газового состава природных и промышленных газов, а также состава атмосферного воздуха производится с помощью газоанализаторов, позволяющих осуществлять мгновенный и непрерывный контроль содержания в нем вредных примесей.

**Газоанализатор** — анализатор для определения качественного и количественного состава смесей газов. Различают газоанализаторы ручного действия и автоматические. Среди первых наиболее распространены такие абсорбционные газоанализаторы, в которых компоненты газовой смеси последовательно поглощаются различными реагентами. Автоматические газоанализаторы непрерывно измеряют какую-либо физическую или физико-химическую характеристику газовой смеси или её отдельных компонентов.

Для экспресс-определения вредных веществ широкое применение нашли универсальные газоанализаторы упрощенного типа (УГ-2, ГХ-2 и др.) основанные на линейно-колористическом методе анализа.

При просасывании воздуха через индикаторные трубки, заполненные твердым веществом—адсорбентом, происходит изменение окраски индикаторного порошка. Длина окрашенного слоя пропорционально концентрации исследуемого вещества. Например, газовый анализатор УГ-2 позволяет определить концентрацию 16 различных газов и паров, причем погрешность измерения не превышает  $\pm 10\%$ .

Для постоянного контроля наибольшее применение нашли автоматические приборы, непрерывно регистрирующие концентрации анализируемого компонента. Методы контроля газовых примесей можно разделить на оптические, электрохимические, термохимические, хроматографические и др.

#### 4.1.1 Классификация газоанализаторов.

По принципу действия автоматические газоанализаторы могут быть разделены на 3 группы:

1. Приборы, основанные на физических методах анализа, включающих вспомогательные химические реакции. При помощи таких га-

зоанализаторов, называемых объёмно-манометрическими или химическими, определяют изменение объёма или давления газовой смеси в результате химических реакций её отдельных компонентов.

2. Приборы, основанные на физических методах анализа, включающих вспомогательные физико-химические процессы (термохимические, электрохимические, фотоионизационные, фотокolorиметрические, хроматографические и др.).

Термохимические, основанные на измерении теплового эффекта реакции каталитического окисления (горения) газа, применяют главным образом для определения концентраций горючих газов (например, опасных концентраций окиси углерода в воздухе).

Электрохимические позволяют определять концентрацию газа в смеси по значению электрической проводимости раствора, поглотившего этот газ.

Фотоионизационные, основанные на измерении силы тока, вызванного ионизацией молекул газов и паров фотонами, излучаемыми источником вакуумного ультрафиолетового (ВУФ) излучения — ВУФ-лампы.

Фотокolorиметрические, основанные на изменении цвета определённых веществ при их реакции с анализируемым компонентом газовой смеси, применяют главным образом для измерения микроконцентраций токсичных примесей в газовых смесях — сероводорода, окислов азота и др.

Хроматографические наиболее широко используют для анализа смесей газообразных углеводородов.

3. Приборы, основанные на чисто физических методах анализа (термокондуктометрические, денсиметрические, магнитные, оптические и др.).

Термокондуктометрические, основанные на измерении теплопроводности газов, позволяют анализировать двухкомпонентные смеси (или многокомпонентные при условии изменения концентрации только одного компонента).

При помощи денсиметрических газоанализаторов, основанных на измерении плотности газовой смеси, определяют главным образом со-

держание углекислого газа, плотность которого в 1,5 раза превышает плотность чистого воздуха.

Магнитные газоанализаторы применяют главным образом для определения концентрации кислорода, обладающего большой магнитной восприимчивостью.

Оптические газоанализаторы основаны на измерении оптической плотности, спектров поглощения или спектров испускания газовой смеси.

При помощи ультрафиолетовых газоанализаторов определяют содержание в газовых смесях галогенов, паров ртути, некоторых органических соединений.

На данный момент наиболее распространены приборы из двух последних групп, а именно электрохимические и оптические газоанализаторы. Такие приборы способны обеспечить контроль концентрации газов в режиме реального времени.

Все приборы газового анализа также могут быть классифицированы:

- по функциональным возможностям (индикаторы, течеискатели, сигнализаторы, газоанализаторы);
- по конструктивному исполнению (стационарные, переносные, портативные);
- по количеству измеряемых компонентов (однокомпонентные и многокомпонентные);
- по количеству каналов измерения (одноканальные и многоканальные);
- по назначению (для обеспечения безопасности работ, для контроля технологических процессов, для контроля промышленных выбросов, для контроля выхлопных газов автомобилей, для экологического контроля).

Однако, существуют приборы, которые, благодаря своей уникальной конструкции и программному обеспечению, способны в реальном времени проводить анализ нескольких компонентов газовой смеси одновременно (многокомпонентные газоанализаторы), при этом записывая в память полученную информацию. Такие газоанализаторы незаменимы в промышленности, где необходимо непрерывно получать информацию о выбросах или контролировать технологический процесс в режиме реального времени.



Анализ проводится также и для компонентов, которые ранее можно было определить лишь другими методами (например, общая концентрация углеводородов и др.) в коррозионных газах и других агрессивных средах. Такие приборы, в зависимости от исполнения, применяются и в качестве систем непрерывного мониторинга газов в промышленности, и в качестве портативных приборов для исследований или экологического мониторинга.

Современные газоанализаторы высокого класса, кроме надёжности и удобства в работе, имеют множество дополнительных функций, например:

- измерение дифференциального давления газа;
- определение скорости и объёмного расхода газового потока;
- определение расхода газа/бензина;
- встроенную память;
- беспроводной интерфейс для передачи данных на ПК;
- статистическая обработка результатов;
- расчёт массового выброса загрязняющих веществ.

### **Газоанализаторы химические**

Газоанализаторы химические, относятся к группе механических приборов. Принцип измерения основан на измерении сокращения объёма забранной пробы газа после удаления анализируемого компонента. В газоанализаторах этого типа применяется метод избирательного поглощения (раздельного дожигания) для удаления анализируемого компонента. Этот метод применим и для переносных ручных газоанализаторов (ГХП 2 и ГХП 3), и для автоматических. Недостаток этих газоанализаторов состоит в периодичности действия прибора (20–30 анализов в час).

### **Тепловые газоанализаторы**

Тепловые газоанализаторы делятся на два основных подвида: *термокондуктометрические* и *термохимические* газоанализаторы. Газоанализаторы этих типов измеряют тепловые свойства определяемого компонента газовой смеси, являющихся мерой их концентрации. Измеряемой величиной приборов этих типов является теплопроводность газовой смеси и полезный тепловой эффект реакции каталитического окисления. Эти характеристики зависят от концентрации определяемого

компонента. Термокондуктометрические газоанализаторы можно применять при анализе многокомпонентной газовой смеси по ее теплопроводности при условии, что все компоненты газовой смеси, кроме определяемого, имеют одинаковую теплопроводность.

#### **Магнитные газоанализаторы**

Магнитные свойства газов характеризуют значениями объемной магнитной восприимчивости и удельной (или массовой) магнитной восприимчивости.

#### **Оптические газоанализаторы**

Принцип действия основан на изменении свойств анализируемой газовой смеси. В газоанализаторах используются следующие оптические свойства: спектральное поглощение, оптическая плотность, показатель преломления и спектральное излучение. Выделяют основные три группы оптических газоанализаторов:

- абсорбционные (поглощение лучистой энергии во всех областях спектра);
- интерферометрические (смещение интерферентных полос в связи с изменением оптической плотности);
- эмиссионные (излучение лучистой энергии).

#### **4.1.2 Применение газоанализаторов**

- экология и охрана окружающей среды: определение концентрации вредных веществ в воздухе;
- охрана окружающей среды на промышленных предприятиях
- в системах управления двигателями внутреннего сгорания (лямбда-зонд) и регулирования горения котлов теплоэлектростанций;
- на химически опасных производствах;
- при определении утечек в холодильном оборудовании (так называемые фреоновые течеискатели);
- при определении негерметичности газового и вакуумного оборудования (обычно используются гелиевые течеискатели);
- на взрывоопасных и пожароопасных производствах для определения содержания горючих газов в процентах от НКПР;
- в дайвинге, для определения состава газовой смеси в баллонах для погружений;

- в подвалах, колодцах, приямокх перед проведением огневых работ;
- в медицине, «мультигаз» обеспечивает контроль за концентрациями газов в дыхательном контуре при проведении анестезии;
- на транспорте, при обеспечении безопасности перевозок (поиск взрывчатых веществ, наркотиков).

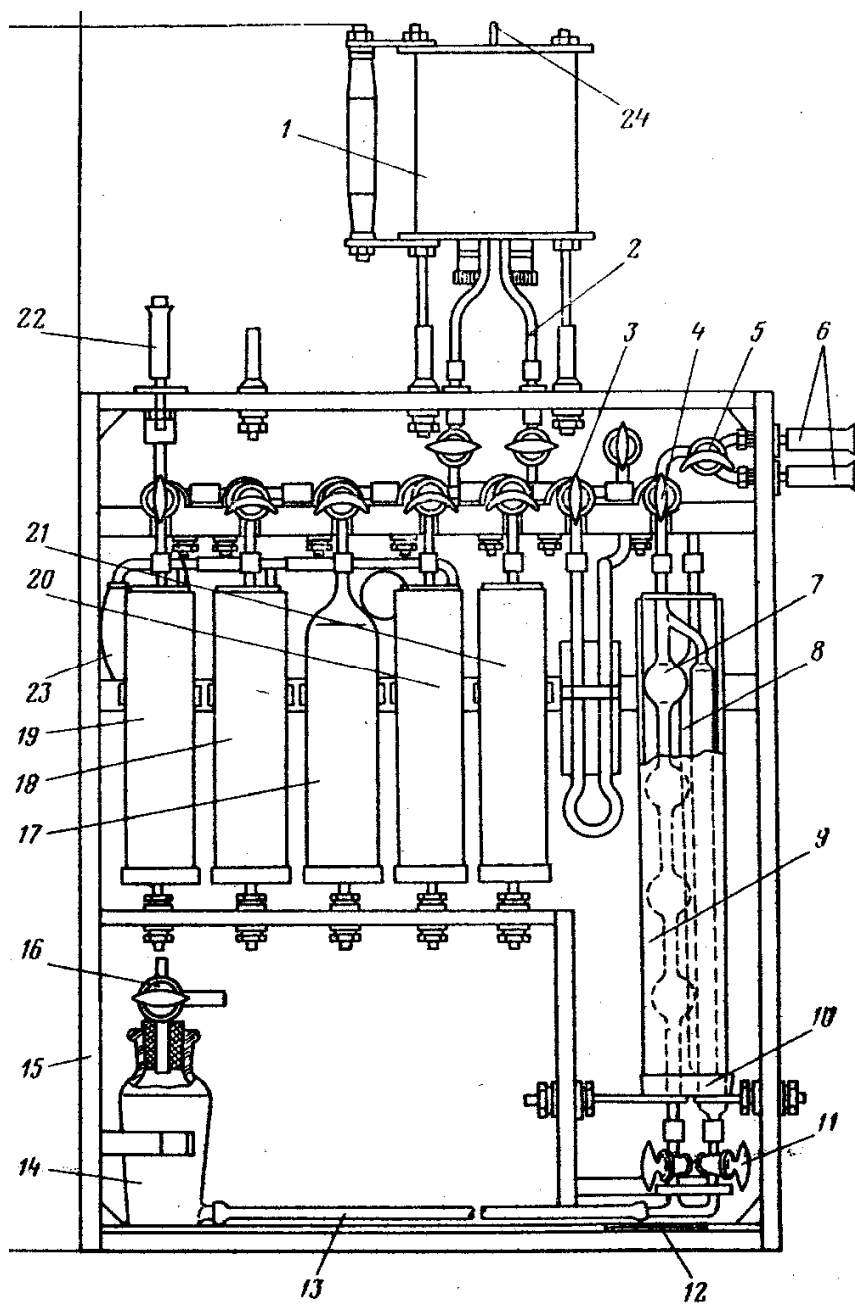
#### 4.1.3 Газоанализаторы ГХЛ-1, ГХП-3М

Газоанализаторы ГХЛ-1 (рисунок 12), ГХП-3М предназначены для общего анализа природных и промышленных газов с целью определения объемного и процентного содержания в газовых смесях следующих компонентов: кислорода ( $O_2$ ), оксида углерода (СО), суммы всех кислотообразующих газов ( $CO_2$ ,  $SO_2$ ,  $H_2S$  и др.), водорода ( $H_2$ ), азота ( $N_2$ ), суммы непредельных углеводородов ( $C_nH_{2n}$ ), предельных углеводородов ( $C_nH_{2n+2}$ ) и инертных газов в дымовых и газовых смесях.

Прибор имеет следующие технические данные:

- число поглотительных сосудов — 5 шт;
- объем измерительного сосуда (бюретки) — 100 мл;
- цена деления — 0,05 мл;
- напряжение питания электропечи — 220 В;
- максимальная температура разогрева печи —  $950^\circ C$ ;
- прокачивание анализируемого газа — сжатым воздухом, вручную.

Принцип работы прибора основан на адсорбционном избирательном поглощении соответствующими поглотительными растворами компонентов газовой смеси (ненасыщенных углеводородов, кислорода, оксида углерода) после прокачки ее через поглотительные растворы, и фракционном сжигании водорода и ненасыщенных углеводородов над оксидом меди (I) при различных температурах. При этом процентное содержание компонентов определяется путем замера сокращения объема анализируемой пробы газа при последовательно проводимых операциях поглощения или сжигания. Изменение объема испытываемой газовой смеси после поглощения определяется разностью отсчетов по измерительной бюретке.



1, 2 — электропечь с трубкой для сжигания; 3, 4, 5, 16 — трехходовые краны;  
 6, 22 — штуцер; 7 — измерительный сосуд (бюретка); 8 — трубка компенсатор  
 с манометром; 9 — цилиндр-мантия; 10 — опоры; 11 — переходник;  
 12 — прокладка стеклянная; 13 — силиконовые трубки; 14 — уравнивательная  
 склянка; 15 — ящик-футляр; 17, 18, 19, 20, 21 — поглотительные сосуды;  
 23 — глушитель

Рисунок 12 — Газоанализатор ГХЛ-1

Для поглощения **углекислого газа** и других кислотных газов применяется 30-35% водный раствор гидроксида калия.

Для поглощения **кислорода** применяется щелочной раствор пиригаллола в весовых соотношениях: 20 грамм пиригаллола, 20 грамм гидроксида калия ( но не натрия) 60 грамм воды.

Суспензия **оксида меди (I)** полностью поглощает CO даже из слабоконцентрированных растворов.

Для поглощения **непредельных углеводородов** (этилен, пропилен, ацетилен и т.д.) готовят насыщенный раствор брома в водном растворе бромистого калия.

В качестве **запирающей жидкости** в бюретке рекомендуется 22 % раствор хлористого натрия или 10 % раствор серной кислоты, или насыщенный раствор хлористого магния, или кислый раствор сульфата натрия, или сульфата натрия кристаллического и серной кислоты. Запирающую жидкость подкрашивают метилоранжем.

## **4.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Практическая работа № 4**

#### **ПРИБОРЫ ДЛЯ ОБЩЕГО АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОВ. ГАЗОАНАЛИЗАТОРЫ**

##### ***Цель работы:***

1. Ознакомиться с устройством и работой газоанализатора промышленных газов.
2. Научиться вычислять объемные доли компонентов газовой смеси.

##### ***Техника безопасности***

Соблюдать общие правила работы со стеклянными изделиями

– проверить прибор на герметичность и следить, чтобы все его составляющие были хорошо укреплены с помощью скоб, опор и держателей;

– во время приготовления растворов и суспензий пользоваться средствами индивидуальной защиты (очки, халат, резиновый фартук, перчатки). Все приготовления растворов проводить в вытяжном шкафу;

– растворы щелочей, хлористого натрия, бромной воды необходимо хранить в плотно закупоренных склянках.

### *Ход работы*

1. Сосуд с пробой газа присоединяют к одному из боковых штуцеров через резиновую трубку. Создав в газовом сосуде давление, продувают газом соединительную трубку через свободный штуцер. Затем устанавливают в соответствующее положение кран штуцеров и кран бюретки, набирают в бюретки около 100 мл анализируемого газа. Устанавливают кран бюретки на сообщение с левым капилляром гребенки и в течение 1 минуты дают жидкости в бюретке стечь. Время на стекание жидкости перед замером объема газа всегда строго выдерживается одно и то же — 1 минута. По истечении этого времени замеряется объем газа.

**Анализ газа на газоанализаторе разделяется на две стадии: метод поглощения и метод сжигания.**

**Метод поглощения** Анализ методом поглощения проводится в строгом порядке, при котором каждый последний реагент поглощает только один компонент (или сумму однородных компонентов) газовой смеси, не реагируя с остальными.

Прокачку газа начинают с поглотительного сосуда, заполненного раствором едкого калия, в котором поглощается углекислый газ и другие кислотные газы. Газ прокачивается 3–4 раза, а остаток его, переводится в бюретку.

Следует помнить, что в процессе анализа жидкость в сосудах всегда необходимо поднимать на одну и ту же высоту. Если при этом объем остатка газа меньше 80 мл, уровень жидкости в левой части бюретки устанавливают в зависимости от объемов газа на 60, 40 или 20 мл. Остальной газ собирается в правую часть бюретки и устанавливается запирающая жидкость в правой части и в уравнивательной склянке на один уровень. Закрывается кран на переходнике и оставляется на 1 минуту для стекания жидкости.

По истечении этого времени замеряется остаток газа. После этого повторяем 2–3 прокачивания через КОН. Если после повторных прокачиваний объем газа не изменяется, поглощение суммы кислотных газов считаем законченным; если объем газа продолжает уменьшаться, прокачивание повторяем до наступления постоянства объема. Количество поглощенного газа принимаем за сумму кислотных газов.

Следующим компонентом является сумма непредельных углеводов, поглощаемая в сосуде бромной водой. Так как реакция в данном случае идет в газовой фазе, переводим в поглотительный сосуд весь газ, оставляя его в парах брома на 1–2 минуты, после чего, повторяем еще 1–2 прокачивания. Забираем весь газ в бюретку, и сразу прокачиваем его через первый сосуд с КОН для поглощения выделяющихся из бромной воды паров брома.

После замера объема газа прокачивание повторяем до получения постоянства объема. Подкрашенная метилоранжем запирающая жидкость при прокачивании газа через бромную воду обесцвечивается, поэтому ее постоянно подкрашивают. Количество поглощенного бромной водой газа принимаем как сумму непредельных углеводов.

Газ, оставшийся после удаления непредельных углеводов, также как указано выше, прокачивается через сосуд с пирогаллолом до получения постоянного объема. Поглощенный пирогаллолом газ принимаем за кислород.

Оставшийся после поглощения кислорода газ, прокачиваем через сосуд с суспензией оксида меди (I) ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) в серной кислоте. После ряда прокачиваний газ переводим в бюретку. Прокачивание повторяем до тех пор, пока не наступит постоянство объема. Поглощенный суспензией газ принимаем за оксид углерода (II).

На этом заканчивается анализ методом поглощения.

**Метод сжигания.** Для анализа методом сжигания печь заблаговременно нагревается до  $260^\circ\text{C}$ . Температуру в печи контролируют термометром.

Температуру при сжигании водорода поддерживают в пределах  $260\text{--}270^\circ\text{C}$ . Как только печь достигнет данной температуры, трубки поглотительного сосуда заполняются насыщенным раствором хлористого натрия. Слегка приподняв уравнительную склянку, открыть краны переходника и медленно пропускать газ через трубку в поглотительный сосуд.

Скорость протекания газа через трубку и в обратном направлении из сосуда в бюретку должна быть одинаковой (примерно 20 мл/мин).

В процессе сжигания водорода могут остаться незамеченными местные перегревы оксида меди до температуры выше  $295^\circ\text{C}$ , при кото-

рых могут гореть предельные углеводороды, необходимо дополнительно прокачать газ несколько раз через сосуд со щелочью для поглощения  $\text{CO}_2$ , образующегося при сгорании углеводорода.

Если количество  $\text{CO}_2$  превысит 0,2 % определение повторяют при температуре 260–270 °С.

Для сжигания предельных углеводородов доступ в сосуд, заполненный гидроксидом калия, должен быть закрыт, печь нагрета до 850–900 °С и первое прокачивание проводится медленно, как и в первом процессе сжигания водорода. Все последующие прокачивания проводятся с обычной скоростью.

Образующийся в процессе окисления углеводорода углекислый газ  $\text{CO}_2$ , равный по объему сгоревшим углеводородам, принимаемым за метан, сразу будет поглощен в поглотительный сосуд с КОН. Прокачивание повторяем до получения постоянства объема, после чего печь выключаем. Трубку охладить до комнатной температуры. Затем газ прокачиваем через раствор пирогаллола, для освобождения от кислорода. Затем окончательно измеряем объем газа.

Остаток газа после сжигания предельных углеводородов принимается за азот. Анализ газа на этом считается законченным.

2. Объемная доля компонентов газовой смеси определяется по формуле:

$$p = (V_{\text{пр}} - V_{\text{об}} / V) \times 100,$$

где  $V_{\text{пр}}$  — объем газовой смеси перед поглощением (или сжиганием);

$V_{\text{об}}$  — объем газовой смеси после поглощения компонента (или сжигания);

$V$  — первоначальный объем анализируемого газа.

Рассчитать объемные доли компонентов газовой смеси.

### ***Контрольные вопросы***

1. Газоанализаторы: классификация, применение.
2. Принцип работы газоанализатора ГХЛ-1.
3. Состав компонентов, определяемый газоанализатором.
4. Сходства и различия в работе газоанализаторов разного типа.



## 5 СТОЧНЫЕ ВОДЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

### 5.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Водопользование в черной металлургии составляет около 1700 млн. м<sup>3</sup>/год, большая часть воды используется на охлаждение металлургических печей и оборудование. Ежегодно в поверхностные объекты сбрасывается около 1,0 млн. м<sup>3</sup> сточных вод. Вместе со сточными водами сбрасываются значительное количество загрязняющих веществ, в том числе взвешенные твердые частицы, сульфаты, хлориды, соединения железа, тяжелых металлов.

#### 5.1.1 Физические показатели качества сточных вод промышленного типа

В воде хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения нормируется цвет, запах, прозрачность, кислотность, щелочность, сухой остаток, рН, окисляемость, содержание азота, растворенного кислорода, хлоридов, свободного хлора, фосфатов, фторидов и жесткость. Все эти параметры контролируются и в технологических сточных водах. Однако в них не редко приходится определять и специфические компоненты, характерные для конкретных проб и связанные с особенностями производства (например, содержание тяжелых металлов, цианидов, фенолов).

Для анализа вод применяются химические, физико-химические и бактериологические методы, а определение их органолептических свойств основывается на использовании органов чувств исследователя.

**Цвет.** Качественную оценку цветности воды производят, сравнивая ее с дистиллированной водой. Для этого в стаканы из бесцветного стекла наливают исследуемую и дистиллированную воду и рассматривают их на фоне белой бумаги при дневном освещении сбоку и сверху. При наличии окраски указывают цвет воды (слабо-желтый, бурый); при отсутствии – воду называют бесцветной.

Количественно цветность воды определяют методом колориметрии, сравнивая ее со шкалой эталонов, имитирующих эту цветность (таблица 21).

Таблица 21 — Показатели цвета воды

Вид сверху	Вид сбоку	Цветность в градусах	Оценивание в баллах
Не отмечен	не отмечен	0 <sup>0</sup>	1
не отмечен	не отмечен	2 <sup>0</sup>	2
очень слабый	очень слабый, желтоватый	40 <sup>0</sup>	3,4
бледно-желтый	слабо-желтый	60 <sup>0</sup>	5
бледно-желтый	желтый	150 <sup>0</sup>	5
бледно-желтый	интенсивно-желтый	300 <sup>0</sup>	5

**Запах.** При оценке запаха сначала дают его качественную характеристику (болотный, землистый, гнилостный, рыбный, ароматический) (таблица 22).

Таблица 22 — Классификация запахов воды

Классификатор	Запах воды
<b>А</b>	Ароматический
<b>Б</b>	Болотный
<b>Г</b>	Гнилостный
<b>Д</b>	Древесный
<b>З</b>	Землистый
<b>П</b>	Плесневый
<b>С</b>	Сероводородный
<b>Т</b>	Травянистый
<b>Н</b>	Неопределенный

Затем оценивают запах воды по пятибалльной шкале. Для этого воду наливают в колбу с притертой пробкой до 2/3 объема и сильно встряхивают в закрытом состоянии, затем открывают колбу и сразу же отмечают интенсивность запаха. Наличие запаха в очищенных водах свидетельствует о недостаточной степени очистки или о плохом удалении использованных при очистке реагентов (например, хлора) (таблица 23).

Таблица 23 — Оценка интенсивности запаха воды

Характеристика запаха и вкуса	Оценка в баллах
Отсутствует (запах вовсе не ощущается)	0
Очень слабый (запах обычно не ощущаемый, но обнаруживаемый привычным наблюдателем)	1
Слабый (запах обнаруживаемый потребителем, если на запах обратить внимание)	2
Заметный (запах слегка замечаемый и может вызвать неодобрительные отзывы потребителей)	3
Отчетливый (запах, обращающий на себя внимание и может заставить воздержаться от питья)	4
Очень сильный (запах настолько сильный, что вода непригодна для питья)	5

**Прозрачность.** Прозрачность воды определяют по предельной высоте столба воды, через который просматривается рисунок черного креста с толщиной линий 1 мм и четырех черных кружочков диаметром 1 мм на белом фоне. Определение выполняется в цилиндре, высотой 35 см, на дне которого лежит фарфоровая пластинка с рисунком (питьевая вода должна иметь прозрачность по кресту не менее 30 см). Прозрачность воды характеризуется количеством загрязненных веществ, присутствующих в воде во взвешенном и коллоидном состоянии.

**Мутность.** Наличие в воде мути объясняется недостаточной степенью удаления грубодиспергированных неорганических и органических примесей (таблица 24)

Таблица 24 — Оценка мутности воды

Прозрачность	Единица измерения, см
мутность не заметна (отсутствует)	более 30
маломутная	более 25 до 30
средней мутности	более 20 до 25
мутная	более 10 до 20
очень мутная	менее 10

Мутность можно определить гравиметрическим и весовым методами. Гравиметрический метод состоит в отделении взвеси фильтрованием через плотный фильтр.

Весовой метод заключается в том, что по разности масс фильтров до и после фильтрования рассчитывают количество взвешенных веществ в исследуемой воде.

**pH-показатель** — один из важнейших рабочих показателей качества воды, во многом определяющий характер химических и биологических процессов, происходящих в воде (таблица 25). В зависимости от величины pH может изменяться скорость протекания химических реакций, степень коррозионной агрессивности воды, токсичность загрязняющих веществ и т.д. (таблица 26).

Таблица 25 — Уровень pH в некоторых водах (не влияющих отрицательно на человека)

Нахождение воды	Показатель pH (допустимое)
Речная вода	6,5–8,5
Атмосферные осадки	4,6–6,1
Болота	5,5–6,0
Морская вода	7,9–8,3

Таблица 26— Классификация воды по величине pH

Тип воды	pH
Сильнокислые воды	<3
Кислые воды	3–5
Слабокислые воды	5–6,5
Нейтральные воды	6,5–7,5
Слабощелочные воды	7,5–8,5
Щелочные воды	8,5–9,5
Сильнощелочные воды	>9,5

Если показатель pH воды понижен, то такая вода обладает высокой коррозионной активностью. При pH более 11, вода обладает высокой мылкостью и имеет характерный неприятный запах.

Для измерения pH воды используют лакмусовую (индикаторную) бумагу, которая меняет свой оттенок при кратковременном погружении

в изучаемую среду. Далее следует сравнить полученный цвет с цветной шкалой, в которой для каждого оттенка соответствует конкретный уровень рН, чтобы определить данный показатель у исследуемой жидкости. Данный метод определения рН является самым простым и дешевым.

Для наиболее точного определения уровня рН используют рН-метр для воды (например прибор рН-150). Он определяет уровень рН жидкости в точности до сотых.

На всех стадиях водоочистки, согласно ГОСТу, необходим строгий контроль рН, поскольку смещение баланса может снизить эффективность каждой последующей очистки.

**Сухой остаток.** Сухой остаток характеризуется количеством нелетучих веществ, содержащихся в сточных водах. Его выделяют выпариванием взятого объема анализируемой воды и определяют гравиметрическим методом. Потери при прокаливании осадка позволяют установить содержание органических веществ, находящихся в воде во взвешенном состоянии, разность между массой сухого остатка и потерями при прокаливании соответствует общей массе содержащихся в воде минеральных примесей.

Величина сухого остатка является обобщенным показателем качества воды, характеризует общее содержание растворенных в воде нелетучих минеральных и частично органических соединений, т. е. свидетельствует о минерализации воды (таблица 27.)

Таблица 27 — Классификации воды по сухому остатку

Классификация пригодности воды	Кол-во сухого остатка
минерализованной	свыше 1000 мг/л
пресной	до 1000 мг/л
слабоминерализованной,	до 50–100 мг/л
удовлетворительно минерализованной,	100–300 мг/л
оптимальной минерализации	300–500 мг/л
повышенно - минерализованной	500–1000 мг/л -

Минерализованной водой является морская, минеральная; пресной — речная, дождевая, вода ледников.

Величина сухого остатка для поверхностных вод водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования нормирует-

ся, она не должна превышать 1000 мг/л (в отдельных случаях допускается до 1500 мг/л).

**Вкус.** В питьевой или очищенной воде различают четыре вида вкуса: соленый, горький, кислый и сладкий. Остальные виды вкусовых ощущений называют привкусами. Вкус и привкус определяются в сырой воде, за исключением воды в открытых водоемах и источниках, сомнительных в санитарных отношениях. В последних вкус определяют в кипяченной воде, после ее охлаждения до комнатной температуры (таблица 28).

Таблица 28 — Органолептическое определение качества воды

Наблюдения	Присутствие
Вода имеет неприятный запах	избыток хлора или сернистых соединений, из-за присутствия хлорноватой и сернистой кислот
«ржавая вода»	избыток железа
металлический вкус	высокое содержание железа
рыбный, затхлый запах	присутствие хлорорганических веществ
образование черных пятен на посуде, наличие желтоватых, черных пятен на поверхности посуды, изделий из керамики	присутствие в воде растворенного сероводорода
запах фенола	попадание промышленных и сточных вод в системы водоснабжения
солончатый вкус	высокое содержание солей магния и натрия

### 5.1.2 Способы очистки сточных вод

Необходимость очистки сточных вод является актуальной проблемой, так как способности природных экосистем к самоочищению оказываются недостаточно. Естественный процесс самоочищения медленный, экосистема не успевает восстановиться. Водоемы не справляются с все возрастающим потоком загрязнений, поступающим вместе со стоками, в результате происходят их деградация и гибель.

Сточные воды, отводимые с территории металлургических предприятий по своему составу могут быть разделены на три вида:

1. Производственные — воды, использованные в технологическом процессе производства.

2. Бытовые — воды от санитарных узлов производственных и непромышленных корпусов и зданий, а также от душевых установок, имеющих на территории промышленных предприятий.

3. Атмосферные — дождевые воды и воды от таяния снега.

Производственные сточные воды содержат различные примеси и делятся на три группы:

1. Загрязненные преимущественно минеральными примесями.
2. Загрязненные преимущественно органическими примесями.
3. Загрязненные минеральными и органическими примесями.

По концентрации загрязняющих веществ, производственные сточные воды делятся на четыре группы:

1. от 1 до 500 мг/л;
2. от 500 до 5000 мг/л;
3. от 5000 до 30000 мг/л;
4. более 30000 мг/л.

Классификация по степени агрессивности приведена в таблице 29.

Таблица 29 — Степень агрессивности сточных вод

Степень агрессивности воды	pH показатель
Неагрессивные	= 6,5-8
<i>Слабоагрессивные</i>	
Слабощелочные	= 8-9
Слабокислые	= 6-6,5
<i>Сильноагрессивные</i>	
Сильнощелочные	> 9
Сильнокислые	< 6

На различных предприятиях, даже при одинаковых технологических процессах, состав производственных сточных вод и режим водоотведения весьма разнообразен.

Большое значение в формировании состава производственных сточных вод имеет вид перерабатываемого сырья. Основными загрязняющими компонентами в металлургической и машиностроительной промышленности являются сбросы растворов от травильных ванн (растворы кислот, щелочей, солей металлов).

Наиболее часто встречающиеся загрязнения промышленных сточных вод металлургического предприятия следующие:

- неорганические кислоты и их соли (в сточных водах процессов травления металлов);
- щелочи, поверхностно-активные вещества (при обезжиривании);
- неорганические соли тяжелых металлов (при гальванических процессах).

Для очистки промышленных сточных вод от этих вредных загрязнителей требуются специальные технологические методы.

В зависимости от характера примесей, количества поступающих на очистку сточных вод, требуемой степени очистки, применяют механические, химические, физико-химические и биологические методы.

В таблице 30 приведены способы очистки сточных вод в зависимости от характера примесей.

Таблица 30 — Способы очистки сточных вод

Примеси	Способы очистки			
	Механические	Химические	Физико-химические	Биологические
Грубо-дисперсные	Отстаивание	-	-	-
	Фильтрование	-	-	-
	Центрифугирование	-	-	-
Эмульгированные	-	-	Коагуляция	-
	-	-	Флотация	-
	-	-	Адсорбция	-
Органические вещества	-	Нейтрализация	Комплексообразование	Разложение микроорганизмами
Минеральные вещества	-	Нейтрализация	Кристаллизация	-
	-	Перевод в нерастворимое состояние	Ионный обмен	-
	-	-	Электролиз	-
	-	-	Дистилляция	-



Продолжение таблицы 30

Примеси	Способы очистки			
	Механические	Химические	Физико-химические	Биологические
Газы	-	Нейтрализация	Адсорбция	-
	-	-	Термическое воздействие	-
Микроорганизмы	-	Хлорирование	Облучение УФ-лучами	-
	-	Озонирование	-	-

**Механические методы** заключаются в удалении нерастворимых в воде (механических) примесей. К устройствам для механической очистки относятся:

- *решетки и сита* — для задерживания крупных примесей;
- *песколовки* — для улавливания минеральных примесей (песка);
- *отстойники* — для медленно оседающих и плавающих примесей;
- *фильтры* — для мелких нерастворенных примесей.

Образующийся осадок может утилизироваться, уничтожаться или складироваться. Как правило, механическая очистка является методом предварительной очистки перед другими более эффективными методами.

**Химические методы** основаны на применении специальных реагентов (химических веществ) разрушающих или осаждающих примеси. К химическим методам относятся:

– *нейтрализация* — изменение водородного показателя (рН) сточных вод до значений рН равных 6,5–7,5; нейтрализацию осуществляют добавлением к воде кислотных и щелочных компонентов или фильтрованием воды через эти компоненты;

– *коагуляция* — процесс удаления загрязнений при помощи специально вводимых веществ – коагулянтов; в воде коагулянты вступают в химические реакции с образованием крупных хлопьев, которые захватывают мелкие частицы-загрязнители и увлекают их на дно. Наиболее часто для очистки сточных вод используют следующие коагулянты: сульфат алюминия ( $Al_2(SO_4)_3$ ), хлорид железа ( $FeCl_3$ ), сульфат железа ( $Fe_2(SO_4)_3$ ), известь  $Ca(OH)_2$  и другие.

Большинство веществ, обуславливающих цветность и мутность воды, находится в воде в коллоидном состоянии. Цветность воды обусловлена гуминовыми веществами, мутность – мельчайшими глинистыми и почвенными частицами, а также кремниевой кислотой. Все эти частицы представляют собой отрицательно заряженные коллоиды.

Для очистки воды от всех находящихся в ней загрязнений в воду вводят соли – коагулянты. В качестве коагулянтов на водопроводах применяют сульфат алюминия, хлорид железа и смешанный коагулянт, состоящий из сульфата алюминия и хлорида железа, взятых в соотношении 1:1. Реже применяют сульфаты железа (III) и железа (II).

Сущность очистки коагуляцией заключается в том, что коагулянты гидролизуются в воде, образуя коллоидные гидроксиды алюминия и железа, которые являются основным действующим началом при очистке воды. Они адсорбируют на своей поверхности различные окрашенные примеси воды и обесцвечивают ее.

При очистке коагуляцией достигается также и ее осветление за счет удаления мелких взвешенных частиц (мути), захватываемых оседающими хлопьями гидроксидов железа или алюминия в результате прилипания и ортокинетической коагуляции.

При малой концентрации гидрокарбонатов в воде выделяющаяся при гидролизе кислота может не полностью связаться, и гидролиз протекает не полностью. В результате ухудшается процесс хлопьеобразования, и в воде появляются остаточные количества алюминия и железа.

Для более полного протекания гидролиза проводят **известкование воды** — в нее добавляют при коагуляции известковое молоко, нейтрализующее выделяющуюся при гидролизе кислоту. Известковое молоко добавляют точно по расчету, так как избыток может привести к растворению гидроксида алюминия.

При наличии в воде большого количества органических загрязнений коагуляция протекает неудовлетворительно и увеличивается расход коагулянта. В этом случае одновременно с коагулянтами в воду вводят хлор (перхлорирование), который разрушает органические вещества и улучшает процесс очистки воды.

Процесс очистки воды коагуляцией характеризуется показателем обесцвечиваемости и осветляемости.

**Показатель обесцвечиваемости воды – Об** — это дробь, числителем которой является единица, а знаменателем – наименьшая доза коагулянта  $D_{\text{коаг}}$  в мг/л, при которой цветность очищенной воды равна 20см.  $Об = 1/ D_{\text{коаг}}$ .

**Показатель осветляемости воды – Ос** — это дробь, числителем которой является единица, а знаменателем - наименьшая доза коагулянта в мг/л, при которой прозрачность очищенной воды равна 30 см.

При хлорировании и известковании в числителе вместо единицы ставится доза хлора или извести в мг/л, применяющаяся в опытах.

Оптимальной дозой коагулянта  $D_{\text{опт}}$  — называется наименьшая доза его, обеспечивающая требуемые ГОСТом цветность очищенной воды (20 см) и прозрачность (30 см).

Предельная величина оптимальной дозы коагулянта ограничивается щелочностью воды.

Оптимальную дозу коагулянта, при которой процесс коагуляции протекает нормально, вычисляют по формуле:

$$\text{для } Al_2(SO_4)_3 - D_{\text{опт1}} = \frac{Щ - Щ_{\text{резерв}}}{0,0052},$$

$$\text{для } FeCl_3 - D_{\text{опт2}} = \frac{Щ - Щ_{\text{резерв}}}{0,018},$$

где  $Щ$  – щелочность воды, мг-экв/л;

$Щ_{\text{резерв}}$  – задаваемая резервная щелочность, мг-экв/л.

– *стерилизация* — обеззараживание сточных вод при помощи сильных окислителей — хлора (хлорирование) или озона (озонирование); Для обеззараживания городских сточных вод широко применяется метод хлорирования газообразным хлором или хлорной известью.

**Физико-химические методы** основаны на использовании специальных физико-химических процессов, среди которых можно выделить следующие:

– *сорбция* — поглощение загрязняющего вещества из раствора и удерживание его на поверхности специального поглотителя — сорбента; в качестве сорбента для извлечения органических веществ часто применяют активированный уголь;

– *экстракция* — извлечение вещества специальным экстрагентом; в процессе экстракции сточная вода смешивается с органическим растворителем, при этом загрязняющие вещества из водной фазы пере-

ходят в органическую фазу; затем водная фаза отделяется от органического растворителя;

– *электрохимические методы* — очистка при помощи электрического тока и т.д.

В процессе физико-химической очистки из воды удаляются мелкодисперсные и растворенные примеси, так же разрушаются трудноудаляемые вещества.

Физико-химическая очистка применяется в основном для производственных сточных вод. Применение ее для очистки бытовых стоков ограничено по экономическим соображениям. В ряде случаев физико-химическая очистка обеспечивает такое глубокое очищение, что последующая биологическая очистка не требуется.

**Биологическая очистка** — это очистка при помощи микроорганизмов, которые способны превращать органические соединения в неорганические вещества. При этом разрушаемые органические соединения служат для микроорганизмов источником питательных веществ и энергии. Сооружения биологической очистки условно делят на два типа:

– сооружения, в которых процессы протекают в условия близких к естественным; к ним относятся поля фильтрации и биологические пруды;

– сооружения, в которых очистка происходит в искусственно созданных условиях; такими сооружениями являются биофильтры и аэротенки.

*Поля фильтрации* — это специально отведенные земельные участки, разделенные на секции, по которым равномерно распределяются сточные воды. Вода фильтруется через слой грунта, после чего собирается в дренажных трубах и канавах и стекает в водоемы. Очистку осуществляют находящиеся в почве микроорганизмы, поглощающие органические вещества.

Водоемы, в которых протекают естественные процессы самоочищения сточных вод, могут использоваться как для первичной биологической очистки, так и для доочистки сточных вод после биофильтров и аэротенков.

*Биофильтры* — это сооружения, в которых создаются условия для усиления естественных процессов самоочищения воды.

Сточная вода в биофильтрах проходит через слой специального фильтрующего материала, на поверхности которого образуется пленка из различных микроорганизмов, разлагающих органические вещества до неорганических (как на полях фильтрации).

*Аэротенк* — это резервуар, в который поступает сточная вода (обычно после механической очистки), активный ил (совокупность специальных микроорганизмов-очистителей), а так же непрерывный поток воздуха для поддержания нормальной жизнедеятельности микроорганизмов. После аэротенка вода в смеси с активным илом подается в отстойники, где ил осаждается.

Для ликвидации кислородной недостаточности и обезвреживания водоемов применяется аэрация – нагнетание воздуха в воду.

При выборе способа очистки сточных вод следует учитывать их состав, требования к качеству воды (ПДК, ПДФ).

*Очистка сточных вод включает 3 стадии обработки* — первичную, вторичную, и в случае необходимости третичную. Важным показателем эффективности очистки является биологическое потребление кислорода (БПК). По величине БПК судят о содержании в воде органических загрязнителей.

Первичная обработка — отделение, фильтрование крупного мусора и больших частиц взвесей. После этого сточные воды попадают в отстойники, где происходит осаждение более мелких частиц. Если воды не направляются на вторичную очистку, то перед тем как их сбросить в природный водоем проводят дополнительную стерилизацию (обычно хлорированием). Показатель БПК воды после первичной обработки снижается на 35%.

Вторичная обработка может проводиться с использованием биологических и химических методов. Биологическая обработка обычно проводится в аэротенке с активным илом. Вторичная обработка — удаляет взвеси примерно на 90 % по массе, показатель БПК воды снижается на 90%. Тем не менее, даже после первичной и вторичной обработки, вода может содержать значительное количества азота и фосфора.

Третичная (специальная) обработка проводится не всегда, так как она требует дополнительных материальных затрат и нацелена на удаление каких-либо отдельных загрязнителей специальными методами.

Для сохранения водных ресурсов необходимо переходить на замкнутые циклы водоснабжения, где очищенные сточные воды не сбрасываются, а многократно используются в технологических процессах. Большое количество воды расходуется на охлаждение, поэтому переход к воздушному охлаждению позволит сократить расход воды, используемый в промышленности на 70–90%.

### 5.1.3 Анализ сточных вод промышленного типа

Органические и неорганические загрязнения в растворенном виде присутствуют в подземных и поверхностных водах как естественно, так и в результате человеческой деятельности.

Многие промышленные и хозяйственные процессы связаны с образованием сточных вод, содержащих токсичные вещества, тяжелые металлы.

Сточные воды — это вода, возвращаемая в окружающую среду после использования. К сточным водам относятся:

- канализационные воды;
- сбросы промышленных предприятий;
- дренажные воды;
- отходы сельскохозяйственных ферм;
- стоки с полей, с растворёнными в них удобрениями и пестицидами;
- нагретые воды систем охлаждения и т.д.

**Основные вещества** — загрязнители, содержащиеся в сточных водах различных промышленных производств, приведены в таблице 31.

Таблица 31 — Основные вещества–загрязнители водных объектов и характерные источники загрязнений

Загрязнитель	Основные формы загрязнителя	Тип промышленного производства	ПДК в воде водоемов, мг/л
Активный хлор	Cl <sub>2</sub> , ClO <sup>-</sup>	Хлорирование сточных вод, производство дезинфицирующих средств	Не допускается

Продолжение таблицы 31

Загрязнитель	Основные формы загрязнителя	Тип промышленного производства	ПДК в воде водоемов, мг/л
Железо (II, III)	$Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$	Травильные цеха, крашение тканей, производство реактивов	0,3
Медь Никель	$Cu^{2+}$ $Ni^{2+}$	Гальванические цеха	0,1
Нитраты	$NO_3^-$	Производство минеральных удобрений, азотной кислоты	45
Сульфиды	$S^{2-}$ , $HS^-$ , $H_2$	Крашение сернистыми красителями, разложение белковых соединений	Не допускается

**Тяжелыми металлами** называются химические элементы (металлы) с удельным весом выше  $5 \text{ г/см}^3$  или атомной массой более 40. Наиболее токсичными признаны: медь, никель, цинк, марганец, свинец, кадмий, кобальт и т. д. (таблица 32).

Таблица 32 — Токсичность и химические свойства тяжелых металлов

Свойство	Cd	Co	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
Биохимическая активность	В	В	В	В	В	В	В
Токсичность	В	У	У	В	У	В	У
Концерогенность	В	В	-	-	В	В	-
Эффективность накопления	В	У	В	В	У	В	В
Комплексообразующая способность	У	Н	В	У	Н	Н	В
Склонность к гидролизу	У	Н	В	У	У	У	В
Растворимость	В	Н	В	В	Н	В	В
Время существования	Н	В	В	Н	В	Н	В
Условные обозначения: В - высокая; Н - низкая; У - удовлетворительная							

Главными источниками загрязнения тяжелыми металлами являются предприятия черной и цветной металлургии, горнорудное производство, гальванические производства и машиностроительная промышленность.

Важнейшей задачей в условиях промышленного развития и временной неизбежности попадания отходов в водные биогеоценозы является установление допустимых нагрузок на водные объекты в результате водопотребления.

Водопотребление — это использование воды, связанное с изъятием её из мест локализации с частичным или полным безвозвратным расходом и с возвращением в источники водозабора в загрязненном состоянии. Обычно контролю подвергаются наиболее опасные вещества, способные накапливаться в донных отложениях, передаваться по трофическим цепям, в частности тяжелых металлов, таких как железо, медь, никель, цинк, хром и другие.

**Железо** постоянно присутствует в поверхностных и подземных водах. Высокое содержание железа в поверхностных водах указывает на загрязнение их промышленными сточными водами, особенно промстоками металлообрабатывающих производств.

**Медь** в поверхностных водах присутствует в результате загрязнения сточными водами предприятий химической, металлургической промышленности. Источником меди в воде может быть коррозия металлов или медьсодержащих металлических частей, соприкасающихся с водой.

**Никель** может присутствовать в сточных водах металлообрабатывающих и химических предприятий.

**Хром** присутствует в сточных водах металлообрабатывающих и химических производств, кожевенных заводов и загрязненных стоками этих производств поверхностных водах.

Наряду с перечисленными выше показателями в промышленных сточных водах определяют содержание сульфатов, хлоридов, фосфатов, кислорода и свободного хлора, используя стандартные химические методики. По содержанию:

**сульфатов** судят о минеральном составе воды, их повышенное количество свидетельствует о попадании в бытовые стоки промышленных сточных вод;

**хлоридов** контролируют постоянство солевого состава сточной воды. В процессе очистки ее солевой состав практически не меняется, снижается лишь содержание органических веществ. Поэтому резкое



увеличение концентрации хлоридов свидетельствует о сбоях в работе очистных сооружений или попадании в сточные воды посторонних загрязняющих веществ;

**фосфатов** судят о нормальном функционировании биохимической очистки. Необходимо четко следить за тем, чтобы содержание фосфатов в сточных водах было не ниже  $3 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$  в пересчете на  $\text{P}_2\text{O}_5$ , так как фосфор необходим для микроорганизмов. Определение фосфатов в сточных водах позволяет корректировать содержание фосфора и при необходимости дополнительно подавать необходимое количество его на сооружения биологической очистки.

Кроме того, сточные воды содержат различные органические соединения. Контроль работы очистных сооружений и качества очищенных сточных вод наряду с определением основных показателей, общих для всех видов стоков предусматривает и определение загрязняющих веществ, специфических для каждого отдельного производства (тяжелых металлов, цианидов, фенолов, нефтяных углеводородов).

Для каждого предприятия должен устанавливаться предельно допустимый сброс (ПДС) вредных веществ. Согласно ГОСТу ПДС вредного вещества — это его масса в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени.

С целью обеспечения норм качества воды в контрольном пункте ПДС устанавливается с учетом предельно допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ. Контроль качества сточных вод предусматривает определение органолептических показателей воды (цвет, запах), химического потребления кислорода (ХПК), количества растворенного в воде кислорода, а также его биохимического потребления (БПК), pH среды, содержания взвешенных частиц и концентрации вредных веществ.

Ниже приведены данные, характеризующие ПДК в водоемах хозяйственно-бытового использования некоторых вредных веществ, наиболее распространенных в сточных водах предприятий черной металлургии (таблица 33).

Таблица 33 — 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 цианогруппу	0,1

Прежде чем приступить к анализу исследуемой воды, необходимо внимательно рассмотреть его окраску, определить pH. По окраске можно сделать предварительный вывод о присутствии некоторых ионов, имеющих окраску, например: Cu<sup>2+</sup> (синий), Cr<sup>3+</sup> (зеленый или фиолетовый), Ni<sup>2+</sup> (зеленый), Co<sup>2+</sup> (розовый), MnO<sub>4</sub><sup>-</sup> (фиолетовый), CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (желтый), Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> (оранжевый), Fe<sup>3+</sup> (желтый) и др.

В кислом растворе при pH < 7, помимо солей сильных кислот и сильных оснований, могут быть свободные кислоты, кислые соли, а также соли, образованные сильными кислотами и слабыми основаниями. Анионов слабых кислот, например CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sub>2</sub>O<sub>3</sub><sup>2-</sup>, S<sup>2-</sup>, в таком растворе нет.

Щелочная реакция исследуемого раствора, т.е. pH > 7, исключает возможность присутствия в растворе катионов слабых оснований, образующих малорастворимые гидроксиды, например: Al<sup>3+</sup>, Co<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup>, Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>.

Нейтральный раствор может содержать соли, образованные одинаковыми по силе кислотами и основаниями, например,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ ,  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  и др.

После проведения предварительных испытаний приступают к непосредственному обнаружению катионов и анионов. Анализ проводится непосредственно в отдельных порциях анализируемого раствора в присутствии анионов и катионов других элементов, используя для обнаружения, приведенные ниже качественные реакции.

#### 5.1.4 Щелочность и кислотность сточных вод

Наличие кислотности или щелочности — неотъемлемая составляющая всех сточных вод любого промышленного производства.

Кислотность воды обусловлена присутствием в ней свободной углекислоты, а так же других кислот или гидролитически кислых солей. Перед сбросом кислых стоков в водоем кислотность должна быть нейтрализована. Кислотность сточных вод определяют титриметрическим методом, используя в качестве индикатора фенолфталеин.

Щелочность воды зависит от присутствия в ней свободных щелочей и гидролитически щелочных солей. Общую щелочность сточных вод определяют титриметрически, путем титрования воды соляной кислотой по индикатору метиловому оранжевому.

Степень кислотности или щелочности промышленных сточных вод (рН) определяют потенциометрически с помощью специальных приборов — рН-метров.

Контроль активной реакции среды сточных вод необходим не только на выходе из очистных сооружений, но и на входе в них, поскольку для обеспечения нормальной жизнедеятельности микроорганизмов, осуществляющих биохимическую очистку воды требуется реакция среды, близкая к нейтральной (рН ~ 6,5–8,5). При резком отклонении рН от этих значений процесс биохимической очистки может нарушиться и даже полностью прекратиться.

Определение **общей щелочности** основано на реакции образования нейтральных солей при титровании соляной кислотой. Общая щелочность обусловлена присутствием ионов  $\text{OH}^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ .

Ионы  $\text{OH}^-$  и  $\text{CO}_3^{2-}$  титруются соляной кислотой в присутствии индикатора фенолфталеина (при  $\text{pH} = 8,3$ ) и обуславливают щелочность воды по фенолфталеину.

При титровании воды  $\text{HCl}$  в присутствии фенолфталеина протекают следующие реакции:  $\text{OH}^- + \text{H}^+ = \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+ = \text{HCO}_3^-$ .

Ионы  $\text{HCO}_3^-$  титруются  $\text{HCl}$  в присутствии индикатора метилового оранжевого (при  $\text{pH} = 3,6$ ). Протекающую при этом реакцию можно выразить уравнением:  $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2^{2-} + \text{H}_2\text{O}$ .

Если щелочность по фенолфталеину равна нулю, то общая щелочность обусловлена присутствием гидрокарбонатов.

Для подавляющего большинства природных вод (в отличие от сточных вод) ионы  $\text{HCO}_3^-$  связаны только с ионами кальция и магния. Поэтому в тех случаях, когда щелочность по фенолфталеину равна нулю, можно считать, что общая щелочность воды равна ее карбонатной жесткости.

**Кислотностью** называется содержание в воде веществ, вступающих в реакцию с сильными щелочами ( $\text{NaOH}$ ,  $\text{KOH}$ ). Объем 0,1 н раствора щелочи, израсходованный на титрование таких веществ, соответствует **общей кислотности воды, р**.

В природных водах, в отличие от сточных вод, кислотность в большинстве случаев зависит только от содержания свободной растворенной углекислоты:



Часть кислотности, обусловлена присутствием гуминовых и других слабых органических кислот, растворенных в воде, называется естественной кислотностью воды,  $\text{pH}$  такой воды обычно не бывает ниже 4,5.

Промышленные сточные воды могут содержать сильные кислоты или соли сильных кислот и слабых оснований (чаще всего железа и алюминия), подвергающихся гидролизу, в результате которого кислотность увеличивается.  $\text{pH}$  воды в этих случаях меньше 4,5.

Та часть кислотности, при которой снижается  $\text{pH}$  воды до 4,5 и ниже называется **свободной кислотностью воды, т**.

Кислотность воды определяется титрованием раствором сильного основания. Количество 0,1 н раствора сильного основания, при израсходовании которого,  $\text{pH}$  раствора достигает значения 4,5 — соответствует

свободной кислотности -  $m$ , а при израсходовании которой рН раствора достигает значения 8,3 — соответствует общей кислотности —  $p$ .

Если  $pH > 8,3$ , то кислотность воды равна 0.

### 5.1.5 Определение общей жесткости воды.

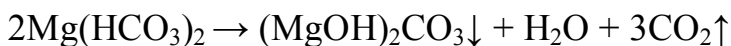
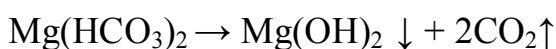
#### Реагентное устранение солей жесткости

Важнейшим показателем качества воды является жесткость — содержание в ней хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов кальция и магния.

Жесткость — это природное свойство воды, обусловленное наличием в ней растворимых солей кальция и магния. Жесткость воды характеризуют молярной концентрацией эквивалентов ионов кальция и магния и выражают в ммоль/л,  $mM_3/l$

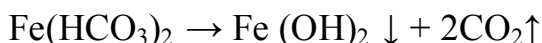
Различают временную (карбонатную, устранимую) и постоянную (некарбонатную) жесткость воды.

Временная жесткость определяется содержанием в воде гидрокарбонатов  $Ca(HCO_3)_2$ ,  $Mg(HCO_3)_2$ , при кипячении они разлагаются:



Жесткость воды при этом устраняется или уменьшается.

При кипячении вместе с карбонатом кальция и гидроксидом магния происходит осаждение и некоторых других соединений, Например,



Постоянная жесткость определяется наличием в воде сульфатов и хлоридов кальция и магния и при кипячении не уменьшается.

Сумма временной и постоянной жесткости составляет общую жесткость воды. По величине общей жесткости воду условно подразделяют на 5 групп:

1. Очень мягкая вода —  $J_{общ}$  менее 1 ммоль/л;
2. Мягкая вода —  $J_{общ}$  от 1 до 3,5 ммоль/л;
3. Вода средней жесткости —  $J_{общ}$  от 3,5 до 7 ммоль/л;
4. Жесткая вода —  $J_{общ}$  от 7 до 10 ммоль/л;
5. Очень жесткая вода —  $J_{общ}$  более 10 ммоль/л.

Жесткая вода не пригодна для многих технологических процессов, так как соли жесткости осаждаются на стенках оборудования, сни-

жая эффективность этих устройств. Вода с общей жесткостью свыше 10 ммоль/л имеет неприятный вкус.

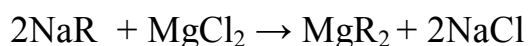
Для питьевого водоснабжения используют воду с общей жесткостью не более 7 ммоль/л, а для промышленных и хозяйственных целей – с общей жесткостью не более 3,5 ммоль/л.

Для умягчения воды, т. е. устранения жесткости, применяют термический способ (кипячение), химические и ионообменные способы.

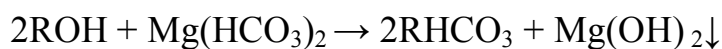
Химические устраняют и временную и постоянную жесткость воды. Они основаны на переводе гидрокарбонатов, хлоридов, сульфатов кальция и магния в практически не растворимые соединения. В качестве реагентов для умягчения воды чаще всего используют известь  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  (известковый метод), соду  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (содовый метод), ортофосфат натрия  $\text{Na}_3\text{PO}_4$  (фосфатный метод).

Ионообменный метод умягчения воды является самым эффективным. Он основан на способности природных и искусственных высокомолекулярных соединений – ионитов обменивать входящие в их состав подвижные ионы на ионы, находящиеся в растворе. По знаку заряда обменивающихся ионов иониты делятся на катиониты и аниониты.

Катиониты имеют подвижные катионы:  $\text{H}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$ . Вода, пропущенная через слой катионита, освобождается от ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ .



С помощью анионитов, имеющих подвижные  $\text{OH}^-$  — ионы, вода освобождается от кислотных анионов.



Пропуская воду последовательно через  $\text{H}^+$  — катионит и  $\text{OH}^-$  — анионит, можно полностью удалить все ионы, т.е. провести химическое обессоливание воды.

## 5.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Практическая работа № 5 ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА

#### *Цель работы:*

1. Ознакомиться с характеристикой промышленных сточных вод.
2. Приготовить модельную смесь, соответствующую сточной воде металлургического производства.
3. Определить органолептическим способом санитарно-токсикологические показатели качества воды.

#### *Техника безопасности*

Соблюдать общие правила безопасности при работе в химической лаборатории, а именно:

- не пробовать на вкус химические реактивы;
- все опыты с ядовитыми и плохо пахнущими веществами проводить в вытяжном шкафу;
- при химических ожогах пораженное место промывать струей воды из под крана в течении длительного времени, далее при ожогах кислотами (кроме  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) накладывать примочки 2 % раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , а при ожогах щелочами — 2 % раствором  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ;
- при попадании реактивов в глаза промыть глаза большим количеством воды и обратиться к врачу;
- при любых возгораниях применять подручные средства пожаротушения (огнетушитель, песок, брезент).

#### *Опыт 1 Приготовление модельной смеси*

##### *Материалы и оборудование:*

Кристаллические вещества:

хлорная известь  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ,  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  
шестиводный хлорид железа  $\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ,  
железный купорос  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ,  
медный купорос  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,

шестиводный хлорид никеля  $\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  
нитрат калия  $\text{KNO}_3$ ,  
сульфид натрия  $\text{Na}_2\text{S}$  или сульфид железа (II)  $\text{FeS}$ ,  
шестиводный хлорид хрома  $\text{CrCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ,  
хромат калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ ,  
дистиллированная вода,  
мерные колбы емкостью 100 мл,  
стеклянные воронки,  
стеклянные палочки, шпателя  
аналитические весы,  
мел, песок, кусочки камня.

### *Ход работы*

Согласно расчетной таблицы 34, отмерить и взвесить на аналитических весах количество реагентов, необходимое для приготовления модельной смеси сточных вод промышленного производства.

Таблица 34 — Расчетная таблица компонентов-загрязнителей в сточных водах промышленного (металлургического) производства.

Компоненты-загрязнители	Реактивы для приготовления модельной смеси	ПДК мг/л	Масса для 1 мл	Масса для 100 мл	Превышение ПДК (во сколько раз)	Масса для приготовления раствора, в гр.
$\text{Cl}_2$ , $\text{HClO}$ , $\text{CO}^-$	$\text{KClO}$ , $\text{Ca(OCl)}_2$ ,	180	571	57,1	1	57
$\text{Fe}^{3+}$	$\text{FeCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ,	0,3	1,44	0,14	5	0,7
$\text{Fe}^{2+}$	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,5	2,4	0,24	5	1,2
$\text{Ni}^{2+}$	$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0,1	0,49	0,05	2	0,1
$\text{NO}_3^-$	$\text{KNO}_3$	45	70	7	2	14
$\text{S}^{2-}$ , $\text{H}_2\text{S}$ , $\text{HS}^-$	$\text{Na}_2\text{S}$ , $\text{FeS (II)}$	0	–	–	3	3
$\text{Cr}^{3+}$	$\text{CrCl}_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	0,6	3	0,3	7	2,1
$\text{CrO}_4^{2-}$ , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	$\text{K}_2\text{CrO}_4$	0,1	0,37	0,04	7	0,28
$\text{PO}_4^{3-}$	$\text{H}_3\text{PO}_4$	1,1	3,5	0,35	3	1,05
$\text{Pb}^{2+}$	$\text{PbCl}_2$	0,03	0,04	0,004	5	0,02
$\text{Zn}^{2+}$	$\text{ZnSO}_4$	1	2,5	0,25	4	1



Взвешенное количество реагентов, с помощью воронки количественно, т. е. без потерь, перенести в мерную колбу объемом 1000 мл, смывая вещество со стенок воронки небольшими порциями дистиллированной воды. После того, как все навески будут перенесены в колбу, перемешать стеклянной палочкой реагенты, до полного их растворения и долить в колбу дистиллированную воду до метки. Модельная смесь готова.

### ***Опыт 2 Исследование цветности воды***

#### ***Материалы и оборудование:***

прозрачные цилиндры емкостью 200 мл диаметром 30 мм — 7 шт.,  
цилиндры емкостью 10 мл,  
плотные фильтры,  
градуированная пипетка,  
мерный стакан,  
концентрированная серная кислота,  
основной раствор № 1,  
вспомогательный раствор № 2 или компоненты для их приготовления (бихромат калия  $K_2Cr_2O_7$  и сульфат кобальта  $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ ),  
дистиллированная вода,  
пробы воды.

#### ***Ход работы***

Для качественной оценки цветности воды отфильтровать через бумажный фильтр не менее 40–50 мл исследуемой воды. Профильтрованную воду налить в бесцветный цилиндр и сравнить с таким же объемом дистиллированной воды в другом таком же цилиндре. Анализ выполняется на фоне белого листа бумаги при дневном освещении. Воду рассматривают сверху и сбоку и указывают наблюдаемый цвет (бесцветная, светло-желтая, бурая и т. д.). Сравнительная характеристика цветности указана в таблице 21.

Количественно цветность воды определяется по хроматокобальтовой шкале. Шкала цветности готовится путем смешения раствора № 1 (основного) и № 2 (вспомогательного).

Для приготовления раствора №1 необходимо в небольшом объеме дистиллированной воды растворить в отдельной посуде 0,0875 г бихромата калия ( $K_2Cr_2O_7$ ) и 2,0 г сульфата кобальта ( $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ ). Растворы солей смешать, прибавить 1 мл концентрированной серной кислоты и довести дистиллированной водой до 1 л.

Раствор №2 содержит 1 мл концентрированной серной кислоты в 1 л дистиллированной воды (раствор серной кислоты). Шкала цветности готовится в семи цилиндрах по 50 мл путем смешения растворов.

Смешивая растворы №1 и №2 в ниже указанных соотношениях (%), получают имитационную шкалу цветности.

Раствор- №1	0	1	8	12	85	92,5	100
Раствор №2	100	99	92	88	15	7,5	0
Градусы цветности	$0^0$	$5^0$	$40^0$	$60^0$	$150^0$	$300^0$	$500^0$

Для определения цветности в пробирку (цилиндр) №6, однотипную с теми, в которых приготовлена шкала, налить 50 мл исследуемой воды. Сравнить окраску воды с окраской растворов в пяти цилиндрах на белом фоне, отыскивая место в шкале, тождественное или максимально приближенное по окраске. Цветность выражают в градусах цветности по данным таблицы 21. Результаты исследований цветности воды занести в таблицу 35.

### ***Опыт 3 Исследование запаха воды***

#### ***Материалы и оборудование:***

колбы с притертой пробкой ёмкостью 200 мл,  
пробы воды.

#### ***Техника безопасности***

1. Определять запах из пробирки направляющим движением ладони к носу.
2. Открывать пробку, держа отверстие пробирки в противоположную сторону (от себя).

### ***Ход работы***

В колбу с притертой пробкой емкостью 200 мл налить исследуемую воду до 2/3 объема и определить запах воды. Затем сильно встряхнуть вращательным движением в закрытом состоянии, открыть и сразу же определить обонянием характер и интенсивность запаха. Дать оценку характера и интенсивности запаха по пятибалльной шкале (см. таблицу 22,23). Результаты исследований запаха воды занести в таблицу 35.

### ***Опыт 4 Определение кислотности воды***

#### ***Материалы и оборудование:***

стеклянный бюкс объемом 20 мл,  
набор универсальной индикаторной бумаги,  
шкала универсального индикатора.

### ***Ход работы***

В стеклянный бюкс налить исследуемую воду, погрузить в воду полоску универсальной индикаторной бумаги и быстро сравнить полученный цвет бумаги со стандартной шкалой универсального индикатора. Классифицировать воду, согласно шкалы рН и данным таблицы 26. Результат исследований занести в таблицу 35.

### ***Опыт 5 Определение прозрачности и мутности воды***

#### ***Материалы и оборудование:***

мерный цилиндр, объемом не менее 50 мл,  
фарфоровая пластина с рисунком или белый лист бумаги с рисунком,  
плотные фильтры  $d = 9-11$  см,  
аналитические весы,  
сушильный шкаф на  $105-110^{\circ}\text{C}$ ,  
конические колбы для фильтрования,  
воронки.

### ***Ход работы***

В мерный цилиндр налить 35 мл исследуемой воды и опустить на дно цилиндра фарфоровую пластину с рисунком. При отсутствии пла-

стины цилиндр необходимо поставить на лист белой бумаги с рисунком. Определить просматриваемость рисунка согласно таблице 24.

200–500 мл исследуемой мутной воды профильтровать через плотный фильтр, диаметром 9–11 см. Фильтр предварительно высушивается и взвешивается на аналитических весах. После фильтрования фильтр с осадком высушивается в сушильном шкафу при температуре 105–110<sup>0</sup>С в течении 0,5–1 часа, охлаждают и вновь взвешивают. По разности масс фильтра до и после фильтрования рассчитывают количество взвешенных веществ в исследуемой воде.

Результаты исследований занести в таблицу 35.

### ***Опыт 6. Определение сухого остатка***

#### ***Материалы и оборудование:***

фарфоровая чашка или стакан объёмом 100 мл  
мерный цилиндр,  
сушильный шкаф 103–105<sup>0</sup>С,  
аналитические весы.

#### ***Ход работы***

Фарфоровую чашку или стакан предварительно просушить в течении 1 часа в сушильном шкафу. Определить массу пустой тары (M<sub>1</sub>) взвесив ее на аналитических весах с точностью до ±0,0001 г.

Мерным цилиндром налить в выпарительную чашку исследуемую воду в объеме 100 мл и поместить анализируемую пробу в сушильный шкаф при температуре 103–105<sup>0</sup>С до полного выпаривания воды.

После полного выпаривания воды дать остыть чашке и определить ее массу с сухим остатком (M<sub>2</sub>) взвесив на аналитических весах с точностью до ±0,0001 г. Рассчитать величину сухого остатка (M<sub>CO</sub>) в мг/л по формуле:

$$M_{CO} = (M_2 - M_1) / V \times 10^6,$$

где M<sub>2</sub> и M<sub>1</sub> — вес чашки с остатком после высушивания и пустой чашки соответственно, гр.

V — объем воды, взятой для анализа, мл;

10<sup>6</sup> — коэффициент пересчета единиц измерения из г/мл, в мг/л.

Классифицировать исследуемую воду по сухому остатку (таблица 27). Результаты исследований занести в таблицу 35.

Таблица 35 — Результаты исследований показателей воды

Параметры исследования	Показатели оценки
<i>Цветность</i>	
Цвет воды	
Градус цветности	
<i>Запах</i>	
Характер запаха	
Интенсивность запаха	
<i>Прозрачность, мутность</i>	
Прозрачность (в см)	
Количество взвешенных веществ	
<i>pH</i>	
Показатель pH цвет индикаторной бумаги	
Классификация воды по показателю pH	
<i>Сухой остаток</i>	
Общая масса минеральных примесей	
Классификация воды по сухому остатку	

### ***Контрольные вопросы***

1. Охарактеризовать состав сточных вод промышленного типа на примере металлургического предприятия.
2. Назвать методы анализа сточных вод промышленного предприятия
3. Перечислить органолептические характеристики санитарно-токсикологических показателей качества воды.
4. Охарактеризовать pH показатель сточной воды как критерий определяющий химические и биологические процессы происходящие в воде.
5. Влияние показателя pH на технологические процессы производства.

## **Практическая работа № 6 МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

### ***Цель работы:***

1. Изучить основные способы очистки сточных вод.
2. При помощи предложенных методик провести механическую, химическую и физико-химическую очистки пробы сточных вод металлургического производства.

### ***Техника безопасности при выполнении работы***

Соблюдать общие правила безопасности при работе в химической лаборатории, а именно:

- Не пробовать на вкус химические реактивы.
- Все опыты с ядовитыми и плохо пахнущими веществами проводить в вытяжном шкафу.
- При химических ожогах пораженное место промывать струей воды из под крана в течении длительного времени, далее при ожогах кислотами (кроме  $H_2SO_4$ ) накладывать примочки 2% раствора  $Na_2CO_3$ , а при ожогах щелочами — 2% раствором  $CH_3COOH$ .
- При попадании реактивов в глаза промыть глаза большим количеством воды и обратиться к врачу.
- При любых возгораниях применять подручные средства пожаротушения (огнетушитель, песок, брезент).

### ***Опыт 1 Механическая очистка***

#### ***Материалы и оборудование:***

сита,  
бумажные фильтры,  
конические колбы объемом 250 мл,  
стеклянные воронки.

#### ***Ход работы***

На первом этапе очистки каждую пробу воды пропустить через сито с отверстиями 0,1мм. По остатку на сите сделать вывод о содержании в пробе частиц размерами более 0,1мм.

Для более тщательной механической очистки пропущенную через сито воду, отфильтровать на бумажном фильтре.

Бумажный фильтр сложить в четыре раза и поместить в стеклянную воронку. Пробу воды добавлять небольшими порциями, следя за тем, чтобы уровень воды в воронке не превышал высоту бумажного фильтра. После окончания фильтрования сделать вывод о присутствии в исследуемой воде частиц размерами менее 0,01мм. Очищенную воду данным способом оставить для проведения следующей практической работы.

## ***Опыт 2. Химическая очистка***

### ***Материалы и оборудование:***

растворы сульфата алюминия ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ) или хлорида железа ( $\text{FeCl}_3$ ),

насыщенный раствор гашеной извести  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,

растворы соляной кислоты ( $\text{HCl}$ ),

гидроксида натрия ( $\text{NaOH}$ ),

цилиндры объемом 25мл,

стеклянная воронка,

мерные пипетки.

### ***Ход работы***

В два одинаковых цилиндра налить по 10 мл очищаемой воды. В первый добавить 2 мл раствора сульфата алюминия, во второй — 2 мл раствора гидроксида кальция (известкового молока). По появлению мути или осадка судят об эффективности химической очистки в каждом случае.

Содержимое каждого цилиндра профильтровать через бумажный фильтр. Очищенную воду данным способом оставить для проведения следующей практической работы.

## ***Опыт 3 Физико-химическая очистка***

### ***Материалы и оборудование:***

стеклянная колонка, заполненная активированным углем,

конические колбы для сбора фильтрата,

химические стаканы.

### ***Ход работы***

Закрепить стеклянную колонку в лапке штатива, поместить в нижнюю часть колонки стеклоткань или волокнистый материал для удержания угля, насыпать слой активированного угля, сверху поместить волокнистый материал. Под колонкой поместить колбу для сбора фильтрата, затем небольшими порциями добавлять воду в колонку. Вода должна проходить через колонку медленно, чтобы устанавливалось адсорбционное равновесие на поверхности сорбента. Очищенную воду данным способом оставить для проведения следующей практической работы.

### ***Контрольные вопросы***

1. Классификация сточных вод промышленного типа.
2. Состав сточных вод металлургического производства. Его зависимость от перерабатываемого сырья и технологического процесса.
3. Перечислить основные способы очистки сточных вод металлургического предприятия.
4. Дать характеристику механическому, химическому, физико-химическому, биологическому способам очистки воды.
5. Показатели обесцвечиваемости и осветляемости воды.

### **Практическая работа № 7**

#### **АНАЛИЗ СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННОГО ТИПА. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ОЧИЩЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД.**

#### ***Цель работы:***

1. Анализ качественного состава сточных вод металлургического предприятия.
2. Определение эффективности различных способов очистки промышленных сточных вод.

#### ***Опыт 1 Содержание сульфатов***

Приблизительное содержание сульфатов может быть определено визуально по количеству осадка сульфата бария.

#### ***Материалы и оборудование:***

образцы проб очищенной и неочищенной воды,  
10 % раствор хлорида бария,  
пробирки

#### ***Ход работы***

В неочищенную пробу исследуемой воды и в образцы различных способов очистки (полученных в предыдущей работе) добавить несколько капель 10 % раствора хлорида бария. По степени появления мутности сделать вывод о присутствии и количестве сульфатов в исследуемых водах (таблица 36). Результаты занести в таблицу 39.



Таблица 36 — Данные для определения содержания сульфатов в воде

Характеристика осадка или мути	Содержание сульфатов мг/л;
Отсутствие мути	5 мг/л;
Слабая муть, появляющаяся через несколько минут	5–10мг/л;
Слабая муть, появляющаяся сразу	10–100мг/л;
Сильная муть, быстро оседающая	100–500мг/л.

### ***Опыт 2 Содержание хлоридов***

О наличии хлоридов в воде можно ориентировочно судить по визуальной оценке выпадающего в осадок хлорида серебра.

#### ***Материалы и оборудование:***

образцы проб очищенной и неочищенной воды,  
10 % раствор нитрата серебра,  
Пробирки.

#### ***Ход работы***

В неочищенную пробу исследуемой воды и в образцы различных способов очистки (полученных в предыдущей работе) добавить несколько капель 10 % раствора нитрата серебра. По степени появления осадка или мути сделать вывод о присутствии и количестве хлоридов в исследуемых водах (таблица 37). Результаты занести в таблицу 39.

Таблица 37 — Данные для определения содержания хлоридов в воде

Характеристика осадка или мути	Содержание хлоридов, мг/л
Опалесценция или слабая муть	1–10
Сильная муть	10–50
Образуются хлопья, осаждаются не сразу	50–100
Белый объемный осадок	Более 300

### ***Опыт 3 Содержание фосфатов***

#### ***Материалы и оборудование:***

образцы проб очищенной и неочищенной воды,  
раствор соляной кислоты (1:5),  
раствор молибдата аммония,

раствор хлорида олова (II),  
пробирки,  
химические стаканы.

### ***Ход работы***

В химические стаканы объёмом 100 мл налить по 50 мл пробы исследуемой воды, добавить 1 мл соляной кислоты (1:5), 1 мл раствора молибдата аммония и по каплям ввести раствор хлорида олова (всего 3 капли). По результатам изменения окраски раствора (таблица 38) сделать вывод о присутствии и количестве фосфатов в исследуемых водах. Результаты занести в таблицу 39.

Таблица 38 — Данные для определения содержания фосфатов в воде

Окраска раствора	Содержание фосфатов, мг/л
Светло-голубая	0,1–10
Голубая	10–45
Синяя	Более 45

### ***Опыт 4. Содержание железа***

#### ***Материалы и оборудование:***

образцы проб очищенной и неочищенной воды,  
5 % раствор пероксида водорода,  
20% раствор роданида калия,  
азотная кислота концентрированная,  
пробирки

### ***Ход работы***

Отмерить в пробирки по 10 мл пробы очищенной и неочищенной исследуемой воды. Прибавить по 1 капле концентрированной азотной кислоты в каждую пробирку затем по несколько капель 5 % раствора пероксида водорода и примерно 0.5 мл 20% раствора роданида калия. При содержании железа в концентрации около 0.1 мг/л появляется розовое окрашивание раствора, при более высоком содержании – красное. По результатам окраски раствора сделать вывод о присутствии железа в исследуемых водах. Результаты занести в таблицу 39.

### **Опыт 5 Содержание свинца**

#### **Материалы и оборудование:**

образцы проб очищенной и неочищенной воды,  
раствор хромата калия,  
пробирки

#### **Ход работы**

В пробирки налить по 5 мл очищенной и неочищенной проб воды, прибавить в каждую из пробирок по 3-5 капель раствора хромата калия. Выпадение желтого осадка, говорит о наличии ионов свинца в воде. Результаты занести в таблицу 39.

После выполнения всех исследований сравнить полученные показатели с установленными нормами (предельно допустимыми концентрациями ПДК).

Таблица 39 — Физико-химические показатели качества исследуемой воды

Показатель	Полученный результат	Нормативный показатель	Соответствие норме
<b>Содержание сульфатов</b>		<b>400 мг/л</b>	
Неочищенная вода			
Очищенная механическим способом очистки			
Очищенная химическим способом очистки			
Очищенная физико-химическим способом очистки			
<b>Содержание хлоридов</b>		<b>45 мг/л</b>	
Неочищенная вода			
Очищенная механическим способом очистки			
Очищенная химическим способом очистки			
Очищенная физико-химическим способом очистки			
<b>Содержание фосфатов</b>		<b>45 мг/л</b>	
Неочищенная вода			
Очищенная механическим способом очистки			

Продолжение таблицы 39

Показатель	Полученный результат	Нормативный показатель	Соответствие норме
Очищенная химическим способом очистки			
Очищенная физико-химическим способом очистки			
<b>Содержание железа</b>		<b>0,5 мг/л</b>	
Неочищенная вода			
Очищенная механическим способом очистки			
Очищенная химическим способом очистки			
Очищенная физико-химическим способом очистки			
<b>Содержание свинца</b>		<b>0,03 мг/л</b>	
Неочищенная вода			
Очищенная механическим способом очистки			
Очищенная химическим способом очистки			
Очищенная физико-химическим способом очистки			

Сделать вывод об эффективности каждого способа очистки воды.

***Контрольные вопросы***

1. Характеристика основных загрязнителей, содержащихся в сточных водах металлургического производства.
2. Назвать основные источники загрязнения сточных вод тяжелыми металлами.
3. Предельно-допустимый сброс вредных веществ как критерий обеспечения нормы качества воды.
4. Использование химических качественных реакций для обнаружения анионов и катионов различных загрязнителей воды.
5. Эффективность различных способов очистки промышленных сточных вод.

## Практическая работа № 8 ЩЕЛОЧНОСТЬ И КИСЛОТНОСТЬ СТОЧНЫХ ВОД

### *Опыт 1 Определение общей щелочности и карбонатной жесткости воды*

#### *Материалы и оборудование:*

мерная пипетка на 100 мл,  
конические колбы объемом 250 мл,  
бюретка, 0,1 н раствор HCl,  
индикаторы: фенолфталеин и метиловый оранжевый,  
универсальная индикаторная бумага,  
проба исследуемой воды.

#### *Ход работы*

В коническую колбу на 250 мл пипеткой Мора отмеряем 100 мл исследуемой воды и добавляем —3 капли раствора фенолфталеина. При появлении розовой окраски, воду титруют 0,1 н раствором HCl до обесцвечивания раствора. Затем в эту же пробу добавляют 2–3 капли метилового оранжевого и продолжают титрование 0,1 н раствором HCl до перехода окраски их желтой в розовую. Записывают объем HCl, израсходованный на титрование с фенолфталеином и общий объем, израсходованный на все титрование. При помощи индикаторной бумаги определите pH.

Общую щелочность ( $Щ_{\text{общ}}$ ) воды вычисляют по формуле:

$$Щ_{\text{общ}} = \frac{V \cdot N \cdot 1000}{V_1} \text{ (мг-экв/л)},$$

где  $V$  — общий объем HCl, израсходованный на титрование, мл;

$V_1$  — объем исследуемой воды, мл;

$N$  — нормальность раствора HCl.

Для расчета некарбонатной (постоянной жесткости дополнительно определяют щелочность воды по фенолфталеину ( $Щ_{\text{ф}}$ ), которую вычисляют по формуле:

$$Щ_{\text{ф}} = \frac{V_2 \cdot N \cdot 1000}{V_1} \text{ (мг-экв/л)},$$

где  $V_2$  — объем HCl, израсходованный на титрование с фенолфталеином, мл;

$V_1$  — объем воды, взятой на исследование

$N$  — нормальность раствора HCl.

Если щелочность по фенолфталеину равна нулю, то общая щелочность равна карбонатной жесткости. Некарбонатную (постоянную) жесткость определяют как разницу между общей жесткостью и карбонатной.

$$Ж_{\text{пост.}} = Ж_{\text{общ}} - Ж_{\text{карб.}}$$

## ***Опыт 2 Определение кислотности воды***

### ***Материалы и оборудование:***

мерная пипетка на 100 мл,

коническая колба объемом 250 мл,

бюретка,

0,1 н раствор NaOH,

индикаторы: фенолфталеин и метиловый оранжевый,

универсальная индикаторная бумага,

проба исследуемой воды.

### ***Ход работы***

Предварительно определяют свободную кислоту по метиловому оранжевому (кислая реакция) или при помощи индикаторной бумаги измеряют pH ( $\text{pH} < 4,5$ ). Если предварительное определение показало наличие свободной кислоты, то проводят количественное определение свободной и общей кислотности.

### ***Опыт 2.1 Определение свободной кислотности (m)***

К 100 мл исследуемой воды добавляют 2 капли раствора метилового оранжевого и титруют 0,1 н NaOH до появления желтой окраски ( $\text{pH} = 4,5$ ).

### ***Опыт 2.2 Определение общей кислотности (p)***

К 100 мл исследуемой воды прибавляют 3 капли раствора фенолфталеина и титруют до появления розовой окраски 0,1 н раствором NaOH ( $\text{pH} = 8,3$ ).

Свободную кислотность рассчитывают по формуле:

$$m = \frac{V_1 \cdot N \cdot 1000}{V}$$

Общую кислотность рассчитывают по формуле:

$$p = \frac{V_2 \cdot N \cdot 1000}{V}$$

где  $V_1$  — объем 0,1 н (0,01) раствора щелочи по метиловому оранжевому, мл.;

$V_2$  — объем 0,1 н (0,01) раствора щелочи по фенолфталеину, мл;

$V$  — объем исследуемой воды.

### ***Опыт 3 Нейтрализация щелочных сточных вод углекислым газом***

#### ***Материалы и оборудование:***

пробирка с газоотводной трубкой,

мрамор или мел,

соляная кислота,

мерная пипетка на 10 мл,

пробирки или конические колбы,

универсальный индикатор,

пробы исследуемой оттитрованной воды.

#### ***Ход работы***

Налить 100 мл исследуемой щелочной воды в коническую колбу и барботировать (пропускать газ) воду  $\text{CO}_2$  из пробирки с газоотводной трубкой. Углекислый газ получается в процессе реакции (взаимодействия концентрированной соляной кислоты с мелом или мрамором):



Через 5, 10, 15 минут отберите с помощью пипетки по 5–10 мл воды, полученной в ходе нейтрализации. Определите рН трех разных проб, через определенный промежуток времени. Данные занесите в таблицу 40.

Таблица 40 — Результаты опытов

№ опыта	τ, мин	pH	V <sub>HCl</sub> , мл	C <sub>OH</sub>	η, %	M <sub>CO<sub>2</sub></sub>
1.	5 мин.					
2.	10 мин.					
3.	15 мин.					

Кол-во углекислого газа, поглощенного щелочным раствором, рассчитать по уравнению

$$m_{CO_2} = (C_{[OH^-]_{i\hat{a}^+}} - \tilde{N}_{[H^+]_f}) \cdot V_{\hat{a}\hat{a}\hat{a}} \cdot \tau,$$

где V<sub>воды</sub> = 100 — V<sub>на титрование</sub>;

τ — время

Степень нейтрализации вычислите по уравнению:

$$\eta = \frac{(C_{[OH^-]_{i\hat{a}^+}} - \tilde{N}_{[H^+]_f})}{C_{[OH^-]_{i\hat{a}^+}} \cdot 100\%$$

Напишите уравнение реакции нейтрализации.

По полученным результатам сделайте вывод о щелочности и кислотности сточных вод.

### **Контрольные вопросы**

1. Понятие кислотности и щелочности воды. Влияние данных показателей на возможность вторичного использования сточных вод.
2. Способы нейтрализации кислотности и щелочности в сточных водах.

## **Практическая работа № 9 КОМПЛЕКСОНОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ ЖЕСТКОСТИ ВОДЫ. РЕАГЕНТНОЕ УСТРАНЕНИЕ СОЛЕЙ ЖЕСТКОСТИ**

### **Цель работы:**

1. Изучить способ комплексонометрического определения общей жесткости сточных вод экспериментальным путем.
2. Реагентным способом провести устранение солей жесткости исследуемой воды.



### ***Техника безопасности при выполнении работы***

Соблюдать общие правила безопасности при работе в химической лаборатории.

### ***Опыт 1 Определение общей жесткости воды***

Общую жесткость воды определяют методом комплексометрического титрования. Метод основан на точном измерении объема комплексона III (трилона Б) известной концентрации, израсходованного на титрование исследуемой пробы воды. Трилон Б (двунариевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты) связывает катионы кальция и магния в воде в прочные комплексы.

Протеканию реакции способствует слабощелочная среда ( $\text{pH} = 8-10$ ). Для создания такой среды добавляют аммонийный буферный раствор (смесь  $\text{NH}_4\text{OH}$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ), который способен поддерживать  $\text{pH}$  раствора практически постоянным.

Титрование заключается в постепенном приливании к пробе воды раствора трилона Б из бюретки до достижения точки эквивалентности. Момент окончания реакции (точку эквивалентности) устанавливают по изменению окраски индикатора – эриохрома черного. Эриохром в присутствии катионов кальция и магния окрашивает раствор в фиолетово-сиреневый цвет, а при отсутствии этих катионов – синее.

### ***Материалы и оборудование:***

мерная пипетка на 50 мл,  
конические колбы объемом 250 мл,  
бюретка с раствором трилона Б,  
аммонийно-буферный раствор (смесь  $\text{NH}_4\text{OH}$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),  
индикатор эриохром черный,  
проба исследуемой воды.

### ***Ход работы***

В коническую колбу вместимостью 250 мл внести мерной пипеткой 20 мл анализируемой воды и добавить 5 мл аммонийно – буферного раствора, отмеренного с помощью цилиндра или мерного пальчика и несколько капель индикатора эриохрома черного. В результате раствор должен приобрести фиолетово-сиреневую окраску. Полученный раствор от-

титруйте из бюретки раствором трилона Б до перехода окраски в синюю. Определите по бюретке объем трилона Б, израсходованный на титрование.

Вычислите общую жесткость воды по формуле, ммоль/л,

$$Ж_{\text{общ}} = \frac{c_{\text{тр.Б}} \cdot V_{\text{тр.Б}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 1000,$$

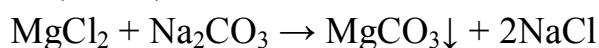
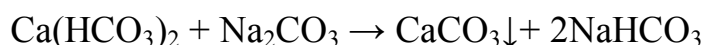
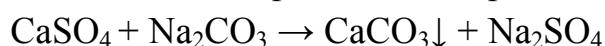
где  $c_{\text{тр.Б}}$  — молярная концентрация эквивалента (нормальность) раствора трилона Б, моль/л;

$V_{\text{H}_2\text{O}}$  — объем исследуемой воды:  $V_{\text{H}_2\text{O}} = 100$  мл;

1000 — коэффициент пересчета в ммоль.

### ***Опыт . Устранение общей жесткости воды***

Для устранения общей жесткости воды воспользуемся содовым методом, химизм которого можно представить следующими реакциями:



После введения реагента ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) в исследуемую воду происходит образование малорастворимых соединений, но процесс созревания осадка длительный и сложный. При этом скорость осаждения может быть увеличена за счет повышения температуры до 80–90<sup>0</sup>С, постоянного перемешивания воды, применения коагулянтов —  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ ,  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ .

Для наиболее полного умягчения воды рекомендуется использовать 50% избыток реагента; на созревание крупнокристаллического осадка, который легко отфильтровывается, благоприятно влияет выдерживание реагента в растворе в течение некоторого времени.

### ***Материалы и оборудование:***

мерная пипетка на 50 мл,

конические колбы объемом 250 мл,

бюретка с раствором трилона Б,

аммонийно-буферный раствор (смесь  $\text{NH}_4\text{OH}$  и  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ),

индикатор эриохром черный,

рассчитанная навеска кристаллогидрата карбоната натрия

( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ),

проба исследуемой воды,

лабораторные весы с разновесами.

### ***Ход работы***

Во многих технологических процессах общая жесткость не должна превышать 3–3,5 ммоль/л. Поэтому навеску кристаллической соды ( $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ ), необходимую для умягчения исследуемой воды до общей жесткости 3 ммоль/л необходимо рассчитать по формуле:

$$m_{(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O})} = 1,5 (\text{Ж}_{\text{общ}} - 3) \cdot M_{\text{э}(\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O})} \cdot V; \text{ мг}$$

где 1,5 — коэффициент, учитывающий введение 50% избытка реагента;

$M_{\text{э}}$  — молярная масса эквивалента кристаллической соды;

$M_{\text{э}} = 143 \text{ г/моль}$ ;

$V$  — объем умягчаемой воды, л

Рассчитанную навеску  $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$  взвесьте. Перемешайте круговыми движениями содержимое колбы до полного растворения соли и оставьте раствор до полного созревания осадка.

Отстоявшийся раствор, не перемешивая, аккуратно отфильтруйте через стеклянную воронку с бумажным фильтром в коническую колбу. Определите по бюретке объем трилона Б, израсходованный на титрование отфильтрованного раствора.

Вычислите остаточную жесткость анализируемой пробы воды по формуле, ммоль/л:

$$\text{Ж}_{\text{ост.}} = \frac{c_{\text{оддА}} \cdot V_{\text{оддА}}}{V_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot 1000$$

По полученным результатам сделайте вывод об эффективности использования содового метода для устранения жесткости воды.

### ***Контрольные вопросы***

1. Определение понятия «жесткость воды».
2. Классификация вод по жесткости.
3. Методы устранения жесткости воды.
4. Сущность комплексонометрического способа определения жесткости воды.
5. Влияние показателей общей жесткости на технологические процессы.

## **6 СВОЙСТВА ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА. ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**

### **6.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **6.1.1 Виды твердого топлива**

Для получения металла из руд и его переработки в металлургической промышленности и других отраслях производства используют твердое, жидкое и газообразное топливо.

Основная часть добываемого твердого топлива используется для нужд энергетики и как сырье для химической промышленности (получение углеводородов, высокомолекулярных спиртов, эфиров, кислот и их ангидридов, получение пенополиуретанов, антикоррозионных покрытий, пластификаторов, углещелочных реагентов, органических вяжущих веществ для асфальтодорожного бетона и др.). В коксохимическом производстве угли используются для получения прочного металлургического кокса. Кроме того, находят широкое применение отходы от добычи и переработки твердого топлива.

Рациональное использование твердых горючих ископаемых возможно при наличии классификации, учитывающей весь комплекс физических, химических и технологических свойств. Угли объединяются по технологическим признакам на марки, группы и подгруппы. Классификационными показателями международной классификации являются: теплота сгорания, выход летучих, спекаемость и коксующесть. Для оценки качества твердого топлива необходимо проведение технического анализа, включающего определение элементарного состава угольного сырья, определение зольности, влажности, выхода летучих и т. д.

У разных видов топлива состав и теплота сгорания веществ различные. По мере увеличения химического возраста топлива содержание летучих веществ уменьшается, а температура их выхода увеличивается. При этом из-за уменьшения количества инертных газов теплота сгорания летучих веществ увеличивается. Для сланцев выход летучих веществ составляет 80–90% от сухой беззольной массы, торфа — 70 %, бурых углей — 30–60 %, каменных углей марок Г и Д — 30–50 %, у тощих углей и антрацитов выход летучих веществ мал и соответственно

равняется 11–13 % и 2–9 %. Поэтому содержание летучих веществ и их состав могут быть приняты в качестве признаков степени углефикации топлива и его химического возраста.

Летучие вещества состоят из горючих соединений — углеводородов, окиси углерода, водорода, и негорючих газов — углекислого газа и водяных паров. Так как, для разных топлив количество отдельных компонентов в составе летучих веществ различно, то теплота сгорания последних неодинакова. Чем больше степень углефикации топлива, тем выше теплота сгорания летучих веществ.

Свойства твердого горючего (так называемого коксового) остатка топлива, образующегося после выхода летучих веществ, зависят от состава органических соединений, входящих в его горючую массу. Торф, бурые угли и антрацит дают порошкообразный твердый горючий остаток.

Большинство каменных углей спекается, хотя и не всегда сильно. Порошкообразный или слипшийся коксовый остаток дают каменные угли с очень большим выходом летучих веществ, достигающим 42–45 % (длиннопламенные — Д), и угли с малым выходом летучих веществ — менее 17 % (тощие — Т).

Характер твердого горючего остатка играет решающую роль при определении наиболее рационального пути использования топлива. Угли со сплавленным горючим остатком являются ценнейшим технологическим топливом и идут в первую очередь на производство металлургического кокса. Угли со спекающимся, слабоспекающимся и порошкообразным коксовым остатком могут использоваться для получения прочного металлургического кокса в смеси с коксующимися углями.

При сжигании топлива в пылевидном состоянии величина выхода летучих веществ и характер коксовой частицы оказывают большое влияние на процесс воспламенения и полноту его сгорания.

При сжигании топлив с малым выходом летучих веществ требуется поддержание высоких температур в зоне воспламенения.

Общее тепловыделение при сгорании топлива складывается из теплоты сгорания летучих веществ и коксового остатка. При сгорании топлив с малым выходом летучих веществ основное количество тепла выделяется при горении коксовой частицы.

У топлив с большим выходом летучих веществ коксовый остаток получается пористым, что придает ему высокую реакционную способность, т.е. способность легко вступать в реакцию с кислородом и восстанавливать CO в CO<sub>2</sub>. Антрацит, полуантрацит и тощие каменные угли являются малореакционными топливами. Время пребывания их в топке должно быть достаточно продолжительным, а пыль очень мелкой (размер 90–95 % пылинок не должен превышать 90 мкм).

В качестве твердого топлива применяют каменноугольный кокс, древесный и каменный угли, антрацит и термоантрацит.

**Коксом** называется продукт спекания смеси коксующихся углей, получаемый при удалении из них летучих веществ. Спекание производится без доступа воздуха в специальных коксовальных печах, где угольная смесь нагревается до 950–1000 °С. Время коксования колеблется в пределах от 14 до 20 часов. Для получения кокса применяют каменные угли с различными содержаниями летучих веществ. В зависимости от их содержания угли подразделяются на жирные, полужирные и тощие.

**Древесный уголь** представляет собой продукт, получаемый при сухой перегонке древесины без доступа воздуха. Процесс перегонки дерева для получения древесного угля разбивается на четыре стадии:

1) нагрев дерева при температуре — 150 °С, при которой происходит подсушка исходного материала;

2) нагрев от 150 до 280 °С, при котором происходит медленное разложение древесины с выделением газов (CO<sub>2</sub>, CO) с примесью уксусной кислоты, метана и смолы, а из хвойных пород — скипидара;

3) при дальнейшем нагреве от 280 до 430 °С происходит экзотермическое разложение древесины. Выделяющееся при этом тепло способствует обугливанию древесины;

4) нагрев свыше 400–480 °С характеризуется дальнейшим выделением летучих. В газе возрастает содержание водорода за счет разложения углеводородов. Древесный уголь используется для получения чугуна специального назначения в доменных печах малого объема.

**Каменный уголь** является продуктом разложения древесины под слоем земли, накопившейся в отдаленные геологические эпохи. Каменные угли различных месторождений по своим физическим свойствам

отличаются друг от друга. Они содержат от 29,4 до 70 % углерода, летучих от 32 до 42 %, золы от 10,1 до 23,6 %. Теплотворная способность каменного угля колеблется в пределах от 2870 до 6430 ккал/кг.

**Антрацит** является одной из разновидностей каменного угля, с большим содержанием углерода — до 94 % и меньшим содержанием летучих — до 3,5 %. Теплотворная способность антрацита около 8000 ккал/кг. Однако антрацит при горении растрескивается, и куски его рассыпаются, что является его недостатком.

**Термоантрацит** получают путем термической обработки антрацита в шахтных печах при температуре 1150°С с ограниченным доступом воздуха. Термоантрацит порист, прочен и не растрескивается при горении. Теплотворная способность термоантрацита до 8500 ккал/кг.

При сжигании органических топлив образуются различные продукты сгорания, такие как оксиды углерода CO и CO<sub>2</sub>, водяные пары H<sub>2</sub>O, оксиды серы SO<sub>2</sub> и SO<sub>3</sub>, оксиды азота NO и NO<sub>2</sub>, полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), фтористые соединения, соединения ванадия V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, твердые частицы и др. (см. табл. 41). При неполном сгорании топлива в топках уходящие газы могут также содержать углеводороды CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> и др. Все продукты неполного сгорания являются вредными, однако при современной технике сжигания топлива их образование можно свести к минимуму.

Таблица 41 — Удельные выбросы при факельном сжигании органических топлив в энергетических котлах

Выбросы	Природный газ г/(м <sup>3</sup> природ. газа)	Мазут кг/(т мазута)	Уголь кг/(т угля)
Оксиды серы SO <sub>x</sub> (в пересчете на SO <sub>2</sub> )	0,006÷0.01	~21S <sup>p</sup>	(17÷19)S <sup>p</sup>
Оксиды азота NO <sub>x</sub> (в пересчете на NO <sub>2</sub> )	5÷11	5÷14	4÷14
Монооксид углерода CO	0,002÷0,005	0,005÷0,05	0,1÷0,45
Углеводороды	0,016	0,1	0,45÷1,0
Водяные пары H <sub>2</sub> O	1000	700	230÷360
Диоксид углерода CO <sub>2</sub>	2000	~3000	2200÷3000
Летучая зола и шлак	-	10A <sup>p</sup>	10 A <sup>p</sup>

Условные обозначения:  $A^p$ ,  $S^p$  — соответственно содержание золы и серы на рабочую массу топлива, %.

При сжигании твердого топлива также образуется зола. Это особенно актуально применительно к сжиганию высокзолного твердого топлива, зольность которого может превышать 30 %.

Зольностью топлива называют балласт в расчете на сухую массу топлива. Она зависит от природы топлива и качества его выработки. Различают первичную золу — остатки минеральных примесей, входивших в состав топлива при его обрабатывании, вторичную золу — посторонние минеральные вещества, равномерно распределенные в горючей массе топлива, и породу — минеральные вещества, попавшие в топливо при его добыче. Содержание первичной золы в сухой массе топлива обычно не превышает 1–1,5 %, породы — 2–2,5 %.

Минеральные примеси ухудшают качество углей, уменьшают теплоту сгорания, загружают транспорт перевозкой лишнего балласта, повышают расход угля на единицу вырабатываемой продукции, усложняют условия использования и ухудшают качество кокса.

Различные виды топлива существенно отличаются друг от друга по зольности. Например, для углей (в т. ч. антрацитов) она составляет от 1 до 45–50 %, сланцев — 45–80 %, топливного торфа — 2–30 %, мазута — 0,2–1 %, древесного топлива — около 1 %. Зольность — один из важных показателей, применяемых при изучении свойств и закономерностей образования горючих ископаемых, при выборе направлений их использования (сжигание, коксование, газификация, гидрогенизация и др.) и аппаратурном оформлении соответствующих процессов. Зольность определяют при исследовании практически всех искусственных и природных объектов: кокса, сажи, растительных и животных тканей, полимеров и др.

Чем выше показатель зольности, тем ниже тепловой эффект от сгорания угля — главного показателя его качества.

При сжигании твердого топлива возникают две экологические проблемы:

- попадание частиц золы в виде аэрозолей в атмосферу;
- накопление большого количества твердых отходов в виде золовых отвалов вблизи источника сжигания твердого топлива.



Наличие золовых отвалов приводит к тепловому загрязнению, к загрязнению ландшафта и грунтовых вод. Попадание определенного количества несгоревшего топлива (в виде механического топлива) приводит к продолжению окислительных и других реакций внутри отвального объема с образованием «букета» токсичных газов, загрязняющих атмосферу.

Оксиды азота  $\text{NO}_x$  и сернистый ангидрид  $\text{SO}_2$  относятся к наиболее распространенным и токсичным соединениям, выбрасываемым в атмосферу при сжигании органических топлив. Уровень выбросов  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_2$  существенно зависит от вида и состава топлива.

В продуктах сгорания органического топлива содержится большое количество вредных для окружающей среды токсичных веществ (таблица 42).

Таблица 42 — Удельные показатели загрязнения атмосферы (г/кВт·ч) по данным Международного института прикладного системного анализа (г. Вена)

Выбросы	Вид топлива			
	каменный уголь	бурый уголь	мазут	природный газ
$\text{SO}_2$	6,0	7,7	7,4	0,002
$\text{NO}_x$	21,0	3,4	2,4	1,9
Твердые частицы	1,4	2,7	0,7	-
Фтористые соединения	0,05	1,11	0,004	-

Токсичные и вредные выбросы оказывают разные воздействия на окружающую среду и имеют различные масштабы рассеивания и трансформации в атмосфере (таблица 43).

Таблица 43 — Рассеивание и трансформация выбросов в атмосфере

Вещества	Масштаб трансформации	
	расстояние, км	время существования
$\text{NO}$	10	1 час
$\text{NO}_2$	100	2 суток
$\text{SO}_2$	100	2 суток
$\text{HNO}_3$	1000	4 суток
$\text{H}_2\text{SO}_4$	1000	4 суток
ПАУ	1000	4 суток
$\text{CH}_4$	В глобальном масштабе	
		10 лет

Для принятия необходимых мер по снижению загрязнения окружающей воздушной среды необходимо знать, что такое чистый воздух, каким требованиям он должен удовлетворять, чтобы не влиять отрицательно на здоровье человека. Такими критериями являются предельно допустимые концентрации (ПДК)<sub>i</sub> вредных веществ в воздухе населенных пунктов (таблица 44).

Таблица 44 — Предельно допустимые концентрации и показатели относительной вредности веществ

Вещество	Максимально разовая концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Среднесуточная концентрация, мг/м <sup>3</sup>	Относительная вредность
Оксид углерода	5	3	1
Углевороды (неканцерогенные)	5	1,5	2
Взвешенные вещества (моль)	0,5	0,15	20
Оксид азота	0,4	0,06	50
Диоксид серы	0,5	0,05	60
Сажа	0,15	0,05	60
Диоксид азота	0,085	0,04	75
Формальдегид	0,035	0,003	1000
Свинец	-	0,0003	10000
Бенз(а)пирен	-	0,000001	3000000

Качество по определению — это совокупность свойств продуктов, используемых для удовлетворения потребностей тех или иных отраслей народного хозяйства. А так как спектр использования углей огромен, то и перечень показателей качества не мал.

Например, чтобы определить годится ли уголь для коксования, рассматривается более 30 показателей. То же — для производства электронной продукции и т. д.

Технический анализ — это совокупность химических, физико-химических и физических способов испытания, применяемых для определения соответствия исходного сырья, материалов и т. д. установленным нормам.

### **6.1.2 Сорбционные свойства углей**

**Сорбентами** называются химические вещества, способные избирательно поглощать из окружающего пространства газы, пары или другие вещества. На сегодняшний день существует огромное количество сорбентов, которые предназначены для связывания определенных химических структур, в том числе биологического происхождения.

К углеродным адсорбентам, прежде всего, следует отнести активные угли, состоящие из множества мелких кристалликов углерода с решеткой графита.

Основное назначение активных углей, как адсорбентов, состоит в концентрировании примесей, находящихся в обрабатываемой среде, в объеме сорбирующих пор. Определяющий показатель качества активных углей — равновесные величины адсорбции в заданных условиях.

Один грамм активированного угля может иметь общую поверхность от 500 до 1500 м<sup>2</sup>, в зависимости от технологии получения той или иной марки угля.

**Активированный уголь** уже очень давно применяется для очистки и улучшения так называемых органолептических свойств воды — т. е. для устранения неприятного вкуса, запаха и цвета. Уголь эффективно поглощает остаточный хлор, растворенные газы, органические (и хлорорганические) соединения, а также споры и цисты бактерий (то есть бактерии, пребывающие в анабиозе внутри собственных цист — своего рода непроницаемых капсул).

#### **Способы получения активных углей.**

Для получения активных углей может использоваться разнообразное органическое сырьё (торф, бурый и каменный уголь, антрацит, древесный материал). Угли, отличающиеся высокой механической прочностью и адсорбционной способностью, получают из скорлупы кокосовых орехов. Упрощённо процесс производства активного угля можно свести к двум стадиям: карбонизация и активация. На первой стадии производства активного угля исходный материал подвергается термической обработке без доступа кислорода, в результате которой из него удаляются летучие (влаги и частично смолы), он уплотняется, приобретает прочность. Структура полученного материала крупнопористая, обладающая незначительной внутренней поверхностью, вследствие чего он не может быть использован как промышленный адсорбент. Задача

получения развитой микропористой структуры решается на стадии активации. Активация проводится двумя способами: окисление газом или паром и обработка химическими реагентами. Для активирования газами используются кислород (воздух), водяной пар и диоксид углерода.

### **Области применения активированных углей**

На сегодняшний день активные угли выпускаются в большом количестве и ассортименте и нашли применение в следующих областях: очистка питьевой и сточных вод; очистка оборотных вод на предприятиях; осветление сахарных сиропов; очистка газов и рекуперация паров; получение медикаментов; очистка спиртоводных растворов и вин; использование в качестве катализаторов и носителей катализаторов; в золотодобывающей промышленности для извлечения золота из рабочих растворов. При прокачивании раствора цианида золота через тонкопористый активный уголь происходит восстановление золота и адсорбция его на угле. Помимо золота активные угли широко используются для извлечения других металлов. Ряд селективности имеет следующий вид:  $Au > Ag > Fe > Cu > Ni > Co > Zn$ . То есть, из раствора лучше будет адсорбироваться золото, по сравнению с металлами, стоящими правее в ряду селективности.

**Очистка воздуха и газов.** Активные угли широко используются для очистки воздушных сред. Примером является рекуперация паров растворителей посредством адсорбции на активном угле. Типичные растворители, которые можно рекуперировать на активном угле – диэтиловый эфир, ацетон, спирты, бензин, толуол, гексан, бензол, фторсодержащие углеводороды, трихлорэтан, а также сероводород и др.

## **6.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Практическая работа № 10 АНАЛИЗ ТВЕРДОГО ТОПЛИВА ДЛЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

#### **Цель работы:**

1. Определение основных теплотехнических характеристик (зольность, выход летучих веществ) твердого топлива, применяемого в металлургическом производстве.

2. Определение массы летучих веществ, образующихся при сжигании твердого топлива.

3. Изучение сорбционных свойств угля.

### ***Техника безопасности при выполнении работы***

Соблюдать общие правила безопасности при работе в химической лаборатории, а именно:

– Четко следовать инструкции при работе с муфельной печью.

– При любых возгораниях применять подручные средства пожаротушения (огнетушитель, песок, брезент).

### ***Опыт 1 Определение гранулометрического состава твердого топлива ситовым методом***

Сущность метода заключается в рассеве пробы угля на ситах и взвешивании полученного материала после отсева.

Гранулометрический состав твердого топлива — это количественная характеристика топлива по размеру кусков, которую определяют главным образом рассевом проб на контрольных ситах (ситовый анализ).

### ***Материалы и оборудование:***

лабораторные сита с крышкой и поддоном размерами отверстий (номер) 10; 3; 2,5; 1,5; 1,0; 0,25;

технические весы с разновесами.

### ***Ход работы***

Взвешивают исходный материал. Материал, подлежащий рассеву, подают на верхнее сито. Рассев пробы начинается на сите с отверстиями размером, соответствующим максимальному размеру кусков испытуемого материала. Закрывают сита крышкой и интенсивно встряхивают. Части твердого топлива с размером менее, чем отверстия в просеивающей поверхности, просыпаются на расположенное ниже сито, а более крупные частицы остаются на прежнем сите. Частицы, прошедшие через нижнее сито, поступают в поддон. Далее частицы твердого топлива разбирают по фракциям и взвешивают. Результаты занести в таблицу 45.

Таблица 45 — Результаты опыта

Общая масса исходного материала, гр.	Номер сита					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
	Размер ячейки сита, мм					
	10	3	2,5	1,5	1,0	0,25
Масса каждой фракции, оставшейся в сите в граммах						

Сделать вывод о гранулометрическом составе данной пробы твердого топлива.

### ***Опыт 2 Метод ускоренного озоления***

#### ***Материалы и оборудование:***

муфельная печь ( $815 \pm 15$ )°С,  
навески топлива,  
фарфоровые лодочки, фарфоровая ступка,  
щипцы тигельные,  
эксикатор с осушающим веществом,  
весы лабораторные, секундомер.

#### ***Ход работы***

Определение зольности бурых и каменных углей, антрацитов и горючих сланцев проводится согласно ГОСТ 11022-95 по методу ускоренного озоления. Сущность метода заключается в озолении навески топлива при свободном доступе воздуха в муфеле и прокаливании зольного остатка до постоянного веса при температуре  $800 \pm$ °С в течении 35 минут. Отношение веса зольного остатка к весу взятой навески является зольностью аналитической пробы топлива.

Озоление необходимо производить медленно, без появления пламени, во избежании уноса твердых частиц. Навеска должна тлеть, а не гореть, появившееся пламя должно быть тотчас потушено покрытием тигля на несколько секунд, в противном случае может произойти образование кокса, который трудно выжигается.

Для проведения анализа используют пробу твердого топлива (уголь), измельченную в ступке до размера частиц, проходящих через

сито с размером ячеек 0,2 мм. Перед началом определения пробу тщательно перемешивают в течение 1 минуты.

В нагретую муфельную печь до температуры  $815 \pm 15^\circ\text{C}$  помещают предварительно взвешенные лодочки с навеской топлива в количестве  $1 \pm 0,1$  г. Вещество в лодочках размещают равномерным слоем, не допуская попадания топлива на край тары. Лодочки с навесками ставят на край пода муфеля. В таком положении при открытой дверце муфеля лодочки выдерживают 3 минуты, затем их медленно щипцами передвигают в центр муфельной печи, после чего закрывают дверцу.

Прокаливание ведут при температуре  $800^\circ\text{C}$ . Продолжительность прокаливания устанавливают 20–30 минут.

После прокаливания лодочки с зольным остатком вынимают из муфеля тигельными щипцами и кладут для охлаждения – сначала на воздухе в течении 5 минут, затем в эксикаторе до комнатной температуры и взвешивают.

Зольность пробы в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$\zeta = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100,$$

где  $m_1$  — масса пустой лодочки, г;

$m_2$  — масса лодочки с пробой, г;

$m_3$  — масса лодочки с золой, г.

Результат записывают с точность до 0,1 %.

Все данные заносят в таблицу 46.

Таблица 46 — Результаты опыта

Наименование	Обозначение	Результат
Масса пустой лодочки, г	$m_1$	
Масса лодочки с топливом до прокаливания, г	$m_2$	
Масса топлива до прокаливания, г	$m$	
Масса лодочки и зольного остатка после прокаливания, г	$m_3$	
Масса зольного остатка, г	$m_4$	

Зольность пробы равна:  $\zeta = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100$

По значению зольности пробы определить вероятность загрязнения окружающей среды, в результате сжигания такого топлива.

### ***Опыт 3 Определение выхода летучих веществ в твердом топливе***

Метод заключается в нагревании топлива без доступа воздуха при температуре  $(850 \pm 10)^\circ\text{C}$  и определении выхода летучих веществ по разности между общей потерей массы топлива и потерей за счет влаги

#### ***Материалы и оборудование:***

муфельная печь  $(850 \pm 10)^\circ\text{C}$ ,  
навески топлива,  
тигли фарфоровые цилиндрические с крышками,  
щипцы тигельные,  
эксикатор с осушающим веществом,  
весы лабораторные,  
секундомер.

#### ***Ход работы***

Пробу испытываемого топлива, доведенного до воздушно-сухого состояния, перемешивают в открытой банке на полную глубину. На разной глубине, из двух–трех мест берут, в предварительно прокаленные тигли навеску массой  $1 \pm 0,01$  г. Тигли с навесками топлива закрывают крышками и быстро помещают в зону постоянной температуры муфельной печи, нагретой до  $(850 \pm 10)^\circ\text{C}$ . Тигли выдерживают в закрытой печи 7 минут. По истечении данного времени тигли вынимают из печи и охлаждают 5 минут на воздухе.

После этого, не снимая крышек тигли переносят в эксикатор, где охлаждают до комнатной температуры, а затем взвешивают и освобождают от летучего остатка.

Выход летучих веществ ( $V$ ) в процентах вычисляют по формуле:

$$V = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 - W,$$

где  $m_1$  — масса пустого тигля с крышкой, гр.;



$m_2$  — масса тигля с крышкой и навеской топлива до испытания, гр.;

$m_3$  — масса тигля с крышкой и нелетучим остатком после испытания, гр.;

$W$  — массовая доля влаги в пробе, в %.

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

$$V = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \cdot 100 - W$$

Выход нелетучего остатка из пробы испытуемого топлива (NV) в процентах вычисляется по формуле

$$NV = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100 \text{ или } (NV) = 100 - V - W$$

$$NV = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100$$

Выход нелетучего остатка без золы (NV)<sub>c</sub> в процентах вычисляют по формуле:

$$(NV)_c = 100 - V - W - A,$$

где  $A$  — зольность пробы, %;

$W$  — массовая доля влаги в пробе, %;

$V$  — выход летучих веществ.

$$(NV)_c = 100 - V - W - A$$

Результаты занесите в таблицу 47.

Таблица 47 — Результаты опыта

Наименование	Обозначение	Результат
Выход летучих веществ, %	V	
Выход нелетучего остатка из пробы, %	NV	
Выход нелетучего остатка без золы, %	(NV) <sub>c</sub>	

На основании экспериментально определенного выхода летучих, пользуясь таблицей 48, определите марку исследуемого угля.

Таблица 48 — Классификация углей в соответствии с выходом летучих

	Наименование	Обозначение	Выход летучих, %
1	Длиннопламенный	Д	52–60
2	Газовый	Г	45–52
3	Газовый жирный	ГЖ	42–45
4	Жирный	Ж	37–42
5	Коксовый жирный	КЖ	30–37
6	Коксовый	К	25–30
7	Отощенный спекающийся	ОС	20–30
8	Тощий	Т	16–20
9	Слабоспекающийся	СС	14–16
10	Полуантрацит	ПА	9–12
11	Антрацит	А	9

Нелетучие остатки, полученные после определения выхода летучих веществ (кроме кокса) характеризуют учитывая зависимость от внешнего вида и прочности:

- порошкообразный;
- слипшийся;
- слабоспекающийся (при легком нажиме пальцем раскалывается на отдельные кусочки);
- спекшийся, не сплавленный (для раскалывания на отдельные кусочки нужно приложить усилие);
- сплавленный, не вспученный (плоская лепешка с серебристым металлическим блеском поверхности);
- сплавленный, вспученный (вспученный нелетучий остаток с серебристым металлическим блеском поверхности высотой менее 15 мм);
- сплавленный, сильно вспученный (вспученный нелетучим остатком с серебристым блеском поверхности высотой более 15 мм).

В выводе:

- определить марку угля;

- вид нелетучих остатков;
- обосновать, исходя из расчетных данных, являются ли летучие выбросы, образуемые при сжигании твердого топлива, источниками загрязнения воздуха.

***Опыт 4 Адсорбционные свойства активированного угля.  
Адсорбция активированным углем различных веществ из растворов***

***Материалы и оборудование:***

Пробирки,  
растворы красителей: фуксин, метиловый оранжевый, бриллиантовый зеленый,  
растворы: йод ( $J_2$ ), сульфат меди ( $CuSO_4$ ), бихромат калия ( $K_2Cr_2O_7$ ),  
активированный уголь (порошок),  
ступка с пестиком,  
фильтровальная бумага,  
колбы с воронками.

***Ход работы***

В 5 пробирок налить:  
1–5 мл 0,01 % водного раствора фуксина  
2–5 мл метилового оранжевого  
3–5 мл бриллиантового зеленого,  
4–5 мл раствора йода  $J_2$   
5–5 мл раствора сульфата меди  $CuSO_4$ ,  
5–5 мл раствора бихромата калия  $K_2Cr_2O_7$ .  
В каждую пробирку внести по 0,25 г растертого активированного угля. Пробирки взболтать. Отметить изменение окраски.  
Через 5–7 минут смеси отфильтровать через фильтры.  
Что наблюдаем? Результаты наблюдений занести в таблицу 49.

Таблица 49 — Влияние активированного угля на изменение цветности

Раствор	Цвет раствора до добавления активированного угля	Цвет раствора после добавления активированного угля
Фуксин		
Метиловый оранжевый		
Бриллиантовый зеленый		
Йод		
Сульфат меди		
Бихромат калия		

Сделать вывод об адсорбционных способностях активированного угля. Объяснить причину различной адсорбции веществ.

***Опыт № 5 Адсорбция активированным углем органических веществ***

***Материалы и оборудование:***

два прозрачных стакана,  
5 таблеток активированного угля в таблетках,  
малиновый сироп.

***Ход работы:***

В один стакан с сиропом добавить толченый активированный уголь. Оставить исследуемый раствор на некоторое время. Во второй, контрольный стакан также налить малиновый сироп, но активированного угля не добавлять. Наблюдайте изменения в стаканах и сделайте вывод об адсорбции органических веществ.

***Опыт 6 Влияние природы веществ на адсорбцию активированного угля.***

***Материалы и оборудование***

Пробирки,  
индикатор: фуксин (водный раствор и спиртовой),

активированный уголь (порошок),  
ступка с пестиком,  
фильтровальная бумага,  
колбы с воронками.

### ***Ход работы***

В одну пробирку налить 5 мл 0,01 % водного раствора фуксина, а в другую такое же количество спиртового раствора фуксина. В обе пробирки внести по 0,2 г угольного порошка и взбалтывать 5 мин. Отфильтровать растворы. Сравнить наблюдаемые результаты.

Сделать вывод о влиянии природы веществ на адсорбционные способности активированного угля.

### ***Контрольные вопросы***

1. Перечислить классификационные показатели углей? Их количество.
2. Что такое технический анализ углей? Дать определение.
3. Что такое сорбенты? Какие бывают сорбенты?
4. Перечислить способы получения активированных углей и области их применения.
5. Что такое «нелетучие остатки»? От чего они зависят?
6. Назвать какие летучие выбросы, образуемые при сжигании твердого топлива, являются источниками загрязнения воздуха.

## **7 ТВЕРДЫЕ ОТХОДЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

### **7.1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

#### **7.1.1 Металлургические шлаки.**

Проблемы использования материальных отходов в черной металлургии в первую очередь связаны с переработкой шлаков, шламов, пылей и подготовкой металлургического лома, стружки и других вторичных черных металлов.

Шлаковая продукция находит применение в основном в строительной промышленности. Наиболее ценный полуфабрикат шлака, поставляемого черной металлургией это гранулированный шлак.

Выход доменного шлака на предприятиях России колеблется от 300 до 700 кг/т чугуна при среднем выходе около 460 кг/т чугуна. Выход сталеплавильных шлаков в России составляет в среднем около 170 кг/т стали. Доменные и сталеплавильные шлаки отличаются по составу и физико-химическим свойствам, что сказывается на методах и объемах их использования.

Доменные шлаки имеют равномерный химический состав и в настоящее время практически полностью утилизируются. Основными видами продукции, получаемой при переработке доменных шлаков, являются: гранулированный шлак, шлаковая пемза и доменный щебень используемые в строительстве автомобильных дорог. Из доменных шлаков так же получают минераловатные утеплительные материалы, шлакоситаллы. Однако объем производства этой продукции невелик.

Сталеплавильные шлаки текущего выхода из-за специфики химического состава для каждой группы марок стали и периодов плавки (первичный или конечный шлак) имеют значительные колебания свойств, а высокоосновные шлаки подвержены разрушению из-за увеличения объема двухкальциевого силиката при его охлаждении (рекристаллизации). Сталеплавильные шлаки содержат большое количество металлического железа и оксидов железа, марганца и хрома. Для дорожного строительства сталеплавильные шлаки пригодны только после многолетней выдержки в отвалах, поэтому сталеплавильные шлаки при строительстве автодорог используются недостаточно полно.

Аналогичная ситуация характерна и для шлаков ферросплавного производства.

Основной потребитель шлаков — цементная промышленность, использующая до 75 % их объема для производства гидравлических добавок производства портландцементов, шлакопортландцементов, шлакощелочных цементов высоких классов. Немало цементных заводов расположено непосредственно около металлургических заводов. Это позволяет эффективно использовать шлаки для производства высококачественных цементов.

В настоящее время при переработке шлаков применяется водная грануляция, сопровождающаяся потерей тепла жидких шлаков и интенсивными выбросами в атмосферу водяных паров и диоксида серы, сбросов загрязненной воды. Кроме того, ряд шлаков сталеплавильного производства распадается в результате рекристаллизации с образованием значительного количества тонкодисперсной пыли. С учетом штрафных санкций за загрязнение окружающей среды, стоимость производимой продукции повышается. Кроме того, в настоящее время снизился спрос на получаемую из шлаков продукцию. В результате на металлургических комбинатах вместо отвалов доменного шлака увеличиваются отвалы гранулированного шлака и шлакового щебня, которые также загрязняют окружающую среду и представляют значительную экологическую опасность. В связи с этим необходим поиск новых более эффективных направлений и технологий переработки шлаков, позволяющих получать из шлаков дешевую продукцию с высоким потребительским спросом за счет более глубокого использования сырьевого и теплового потенциала шлаковых расплавов.

Такое широкое применение шлаков требует соблюдения экологических норм, применяемым к строительным материалам. Одним из параметров, исследуемых при их изготовлении есть радиационный фон.

### **7.1.2 Радиационное загрязнение окружающей среды твердыми отходами**

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 (например, для слежения за газовыми потоками).

В составе сырья также могут содержаться радиоактивные изотопы, которые затем накапливаются в продукции и отходах производства.

Доменные шлаки характеризуются повышенной (по сравнению со средним значением для строительных материалов) удельной активностью радионуклидов (153 Бк/кг), однако диапазон её вариации в странах СНГ (30–303 Бк/кг) укладывается в диапазон вариации радиоактивности стройматериалов. Эффективная удельная активность доменных шлаков по Украине в среднем составляет 149,4 Бк/кг.

Широкое применение радиоактивных изотопов, соответственно, сопровождается накоплением большого количества радиоактивных отходов, в связи с длительным и опасным воздействием этого вида отходов на биосферу и живые организмы разработаны специальные правила, которые регламентируют систему их утилизации и захоронения. 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.

Радиационному контролю на металлургическом предприятии подвергается сырье для производства, а также продукция. Отходам предприятия уделяется меньше внимания. Но при использовании радиоактивных изотопов в производстве, они могут оказаться и в его отходах, которые хранятся на шлаковых отвалах в больших количествах и длительное время. Поэтому возникает вопрос о возможном радиоактивном загрязнении окружающей среды.

### **7.1.3 Понятие о радиации**

Ионизирующее излучение, часто называемое радиоактивным излучением — это естественное явление, всегда присущее в окружающей нас природной среде. На нас постоянно воздействует излучение радиационного фона Земли и Космоса. Мы постоянно подвергаемся влиянию излучения природных радиоактивных материалов, находящихся в почве и в



строительных материалах зданий и сооружений, в которых мы живем и работаем. В последнее время все чаще люди подвергаются дополнительному воздействию радиоактивных излучений, например, при определенных медицинских процедурах или при курении. Имеет место также влияние на людей источников радиоактивного излучения техногенного происхождения вследствие загрязнения обширных территорий выбросами, происшедшими во время аварии на Чернобыльской АЭС. Таким образом, к воздействию на нас природного ионизирующего излучения нередко добавляется и «чернобыльская составляющая», негативно влияющая на наш организм при попадании внутрь него вместе с сельскохозяйственными продуктами питания, выращенными на загрязненных территориях, с лесными ягодами и грибами.

Ионизирующее излучение — это, прежде всего, *рентгеновское, гамма-, бета-, альфа- и нейтронное излучения*.

**Рентгеновское и гамма- излучение** представляют собой энергию, которая передается в виде волн, наподобие света и тепла, идущих от Солнца. Рентгеновское и гамма-излучение по своей природе не очень отличаются между собой. Различие состоит лишь в способах их возникновения и длинах волн. Рентгеновские лучи, как правило, получают с помощью электронных аппаратов, которые можно встретить в каждой поликлинике. Гамма-лучи излучаются нестабильными радиоактивными изотопами. Как рентгеновское, так и гамма-излучения характеризуются большой проникающей способностью, которая в свою очередь, зависит от энергии лучей.

Проникающая способность гамма-лучей высокой энергии столь велика, что ее может остановить лишь толстая свинцовая или бетонная плита.

**Альфа-излучение** — это поток ядер гелия. Альфа-излучение имеет очень малую проникающую способность и задерживается, например, листком бумаги. Поэтому оно не несет опасности до тех пор, пока радиоактивные вещества, которые излучают альфа-частицы не попадут во внутрь организма, через открытую рану, с едой или посредством дыхания с воздухом.

**Бета-излучение** — это поток электронов. Бета-излучение имеет высокую проникающую способность: оно проходит в ткани организма на глубину от 1 до 2 см.

**Нейтронное излучение** — это поток нейтронов, который возникает в процессе ядерного деления в реакторах или вследствие спонтанного деления в ядерных материалах. Поскольку нейтроны — это электронейтральные частички, то они глубоко проникают во всякое вещество, включая живые ткани.

Так как в повседневной жизни человек чаще всего встречается с опасностью гамма- и бета- облучения, то большинство приборов для контроля радиационного излучения контролируют именно эти виды излучений.

#### **7.1.4 Приборы для определения радиационного фона**

Самым востребованным и популярным устройством для измерения радиации является счетчик Гейгера, по названию которого становится понятно о его основателе. Прибор создал немецкий физик Ганс Гейгер в 1908 году совместно с еще одним ученым по имени Эрнст Резерфорд. Спустя два десятилетия физик возобновил изобретение счетчика, доработав его с физиком Мюллером. Агрегату уже больше века, но его популярность не падает и в современном мире.

Основной компонент устройства — это герметичный баллон из стекла или металла, который наполнен аргоном и неоном. Дополнительно в эту емкость добавляют два электрода. Радиоизлучение распространяется волновыми частицами. При попадании малейшей частицы в датчик, смесь из газа начинает ионизироваться, газовые атомы подзаряжаются и могут светиться от этого. Весь процесс контролируется прибором. Датчик фиксирует данный процесс. Для регистрации точного количества радиоактивных компонентов ионизация гасится искусственным методом за считанные секунды. Счетчик издает щелчки при нахождении радиоактивных частиц.

Уровень излучения можно измерить и иными способами. Помимо датчика, применяются сцинтилляционные кристаллы, которые позволяют найти определенные вещества по характерному излучению.

Приборы для измерения радиационного облучения разделяются на несколько видов, исходя из условий их эксплуатации и назначения:

1. Бытовые. Таким устройством можно измерить радиации в бытовых условиях, но они имеют высокий уровень погрешности. Они по-

могут измерить общий радиационный фон в здании или в продуктах питания, но приборы улавливают лишь гамма-волны. Некоторые модели оснащены дополнительными датчиками для регистрации альфа- и бета-излучений.

2. Профессиональные. Дозиметры оказывают широкий спектр действия, измеряя облучение как внутри помещения, так и снаружи. Устройства могут обнаружить активные радионуклиды, которые находятся в разных веществах, предметах и даже живых тканях. Встроенный датчик регистрирует излучение нейтронов, протонов.

3. Индивидуальные. Дозиметр регистрирует накопленный уровень радиоактивного облучения. Часто выполняется в виде наручных часов.

4. Промышленные. Такие приборы размещаются непосредственно возле источников радиации, чтобы регулярно контролировать и следить за уровнем облучения.

5. Военные. Агрегат используется в период военных действий, включая эксплуатацию в центре ядерного взрыва.

В учебных заведениях для проведения практических занятий используются бытовые дозиметры.

Для предупреждения гамма- и бета-радиационной опасности служит бытовой дозиметр «Регул 001».

Дозиметр «Регул 001» предназначен для измерения мощности экспозиционной дозы (МЭД) гамма-излучения, а также оценки поверхностной загрязненности бета-радионуклидами.

МЭД — мощность экспозиционной дозы (единицы измерения — «микрорентген» кол-во мкР/час) характеризует способность гамма-излучения ионизировать воздух.

Как правило, обычный фоновый уровень радиации составляет  $\approx 10,0$  мкР/час для мощности дозы.

Естественный усредненный радиационный фон обычно лежит в пределах 0,10–0,16 мкЗв/час или 10–16 мкР/час.

Норма радиационного фона не должна превышать 20 мкР/час.

Безопасным уровнем для человека считается порог в 30 мкР/час.

Дозиметр используется в бытовых целях: для контроля радиационной чистоты жилых помещений, зданий и сооружений, предметов быта, одежды, транспортных средств, поверхности почвы на приуса-

дебных участках; для оценки радиационного загрязнения лесных ягод и грибов, а также как учебное пособие для учебных заведений.

При эксплуатации бытового дозиметра необходимо соблюдать следующие ограничения (таблица 50):

Таблица 50 — Эксплуатационные ограничения

Название ограничивающей характеристики	Параметры ограничивающей характеристики
Температура окружающего воздуха	От минус 10 до + 50 °С
Относительная влажность	До (95±3 при температуре +35°С без конденсации влаги

## 7.2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### Практическая работа № 11 РАДИАЦИОННЫЙ ФОН ТВЕРДОГО ТОПЛИВА, ТВЕРДЫХ ОТХОДОВ И ПРОДУКЦИИ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

#### *Цель работы:*

1. Определение уровня мощности экспозиционной дозы (МЭД — мощность экспозиционной дозы) гамма и жесткого бета излучения твердого топлива, твердых отходов и продукции металлургического производства по цифровому индикатору дозиметра радиационного «Регул-001».

2. Определение вероятности радиационного загрязнения окружающей среды твердыми отходами Алчевского металлургического комбината.

#### *Техника безопасности при выполнении работы*

Соблюдать общие правила безопасности при работе в химической лаборатории, а именно:

- Четко следовать инструкции при работе с муфельной печью.
- При любых возгораниях применять подручные средства пожаротушения (огнетушитель, песок, брезент).

***Опыт 1 Определение гамма и бета-излучения каменных углей, шлаков различной степени дробления, различных видов продукции металлургического производства.***

***Материалы и оборудование***

муфельная печь  $(815 \pm 15)^{\circ}\text{C}$ ,  
различные виды каменного угля и шлаков,  
различные образцы продукции металлургического производства ,  
фарфоровые лодочки,  
фарфоровая ступка,  
щипцы тигельные,  
дозиметр индивидуальный бытовой «Регул 001».

***Ход работы***

Для проведения анализа используют пробы твердого топлива (уголь), пробы шлака различной степени дробления и различные виды продукции металлургического производства. Перед началом определения пробы тщательно перемешивают, если необходимо, измельчают (дробят до необходимых размеров). Измельчение проводят в фарфоровой ступке.

Для определения разницы степени гамма и бета излучения между холодными и прокаленными пробами делают замеры дозиметром сначала холодных материалов, а затем после прокаливания.

Для прокаливания, в муфельную печь, нагретую до температуры  $815 \pm 15^{\circ}\text{C}$ , помещают пробы топлива и шлака различной степени дробления, образцы продукции металлургического производства. Материал в лодочках размещают равномерным слоем, не допуская попадания на край тары. Лодочки с пробами ставят на край пода муфеля. В таком положении при открытой дверце муфеля лодочки выдерживают 3 минуты, затем их медленно щипцами передвигают в центр муфельной печи, после чего закрывают дверцу.

Прокаливание ведут при температуре  $800^{\circ}\text{C}$ . Продолжительность прокаливании устанавливают 20–30 минут.

После прокаливании лодочки с прокаленным остатком вынимают из муфеля и дают остыть на воздухе в течении трех минут и делают замеры излучения дозиметром «Регул 001».

Для более точного определения МЭД внешних излучений необходимо снять не менее трех показаний и вычислить среднеарифметическое значение. Результаты заносят в таблицу 51:

Таблица 51 — Результаты опыта

Материал	Степень помола	До прокаливания (кол-во мк/Р час)				После прокаливания (кол-во мк/Р час)			
		№ 1	№ 2	№ 3	сред- нее	№ 1	№ 2	№ 3	сред- нее
<b>шлаки</b>									
FeO · SiO <sub>2</sub>									
SiO <sub>2</sub> · MnO									
доменный									
конверторная пыль									
<b>угли</b>									
каменный									
бурый									
коксующийся									
<b>виды продукции</b>									
чугун серый									
чугун белый									
сталь инстру- ментальная углеродистая									
сталь нержавеющая									

Сделать выводы о зависимости дозы излучения от степени измельченности углей и шлаков, от температурного режима материала, от вида продукции металлургического производства.

Определить (по Вашему мнению) с чем это связано?

### ***Контрольные вопросы***

1. Что такое ионизирующее излучение? Дать определение. Какие бывают излучения?
2. Что представляют собой рентгеновское и гамма-излучения? Чем характеризуются данные излучения и от чего зависят?
3. Альфа-, бета-, нейтронные излучения, характеристики?
4. Что такое дозиметр? Область применения?
5. Какие отрасли металлургического производства являются источником радиоактивного загрязнения?

## 8. ПЕРЕЧЕНЬ ТЕМ ДЛЯ РЕФЕРАТОВ

### **Общие вопросы:**

1. Оценка новейших технических разработок в технологии производства чугуна и стали с позиции охраны окружающей среды.
2. Проблема глобального потепления и черная металлургия.
3. Оценка современного потребления энергоносителей в черной металлургии с позиции охраны окружающей среды.
4. Энерго-экологическая оценка металлургического производства.
5. Пыле- и газоулавливание в металлургическом производстве.
6. Пыле- и газоулавливание в производстве редких металлов.
7. Очистка сточных вод предприятий цветной металлургии.
8. Обратное водоснабжение предприятий цветной металлургии.
9. Неблагоприятные экологические факторы в ЧМ (классификация).
10. Доменное производство (краткая характеристика технологии, основные неблагоприятные экологические факторы на этапах технологии).
11. Сталеплавильное производство (краткая характеристика технологии, основные неблагоприятные экологические факторы на этапах технологии).

### **Загрязнение атмосферы**

12. Количественная и качественная характеристика запылённости на агломерационной фабрике.
13. Количественная и качественная характеристика запылённости в доменных цехах.
14. Количественная и качественная характеристика запылённости в сталеплавильных цехах.
15. Классификация сталеплавильных цехов по уровню запылённости.
16. Количественная и качественная характеристика запылённости в прокатных цехах.
17. Основные вредные газы в ЧМ (классификация, характеристика).
18. Газоопасные места в доменном производстве.
19. Газоопасные места в сталеплавильном производстве.
20. Газоопасные места в прокатном производстве.



21. Основные мероприятия по предупреждению отравления доменным газом.
22. Мероприятия по охране атмосферного воздуха (классификация).
23. В каких случаях запрещено строительство и эксплуатация промышленных предприятия (в связи с загрязнением атмосферного воздуха).
24. Технологические мероприятия по охране атмосферного воздуха.
25. Технические мероприятия по охране атмосферного воздуха.
26. Архитектурно-планировочные мероприятия по охране атмосферного воздуха.
27. Вентиляция (определение, требования к системам вентиляции).
28. Классификация систем вентиляции.
29. Аэрация (определение, условия применения, принцип аэрации).
30. Схема аэрации однопролётного, многопролётного производственного помещения.
31. Способы очистки удаляемого воздуха (классификация). Принципиальная схема, характеристика электрофильтра.
32. Сухие способы очистки удаляемого воздуха (принципиальная схема, характеристика циклона, мультициклона, пылеотделителя).
33. Мокрые способы очистки удаляемого воздуха.
34. Способы очистки выбросов от газов.
35. Местная вытяжная вентиляция (условия применения, нормативы скорости удаления воздуха, объём удаляемого воздуха).
36. Типы воздухоприёмников, требования к вытяжным зонтам.
37. Местная приточная вентиляция (цель, виды воздушного душирования, нормативы скорости подаваемого воздуха).
38. Обще-обменная вентиляция (определение, цель, условия выбора зоны отвода воздуха).
39. Условия выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух.
40. Классификация источников выбросов в атмосферный воздух.
41. Характеристика источников загрязнения атмосферного воздуха в ЧМ (факел, зоны распределения факела).
42. ПДВ, ВСВ (определение, нормативные документы, условия разработки).
43. ПДВ для высокого одиночного нагретого источника (формула).
44. Методы подготовки подаваемого воздуха.

### **Загрязнение воды**

45. Водопотребление (определение, виды водопользования в предприятиях ЧМ, требования к системам водоснабжения).

46. Классификация источников водоснабжения согласно ГОСТ 2761-84.

47. Водоотведение (определение, основная задача при организации водоотведения), механизм самоочищения водоёмов.

48. Характеристика сточных в предприятиях ЧМ.

49. Нормирование веществ, сбрасываемых со сточными водами.

50. Мероприятия по охране гидросферы (классификация, характеристика).

51. Методы очистки сточных вод (классификация).

52. Механические методы очистки сточных вод.

53. Химические методы очистки сточных вод.

54. Физико-химические методы очистки сточных вод.

55. Биологические методы очистки сточных вод.

### **Загрязнение твердыми отходами**

56. Классификация источников загрязнения почвы.

57. Классификация отходов по степени опасности.

58. Методы утилизации отходов.

59. Мероприятия по предупреждению загрязнения почвы.

60. Твердые отходы металлургического предприятия. Классификация.

### **Эффективные технические решения по снижению выбросов**

61. Эффективные технические решения по снижению выбросов доменного производства.

62. Эффективные технические решения по снижению выбросов сталеплавильного производства.

63. Эффективные технические решения по снижению выбросов агломерационного производства.

64. Эффективные технические решения по снижению выбросов ферросплавного производства.

65. Эффективные технические решения по снижению выбросов литейного производства.

66. Эффективные технические решения по снижению выбросов прокатного производства.

67. Эффективные технические решения по снижению выбросов производства черной металлургии.

68. Переработка отходов металлургических предприятий.

69. Технические направления разработки и совершенствование технологических процессов.

70. Основные компоненты и принципы экологически чистого производства.

**9 ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ КУРСА  
«ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

**Раздел I «Основы промышленной экологии в металлургической  
области»**

**ВАРИАНТ 1**

***1. Каковы задачи экологии?***

1. Охрана воздушного бассейна.
2. Охрана водного бассейна.
3. Защита пахотных земель.
4. Сохранение флоры и фауны.
5. Воспроизведение флоры и фауны.

***2. Каково воздействие  $COCl_2$  на организм человека?***

1. Удушье.
2. Головокружение.
3. Отек легких.
4. Головная боль.
5. Сердечные заболевания.

***3. Каковы характеристики  $F_2$ ?***

1. Желтоватый газ с сильным запахом.
2. Зеленовато-желтый газ с характерным запахом.
3. Бесцветные кристаллы, на воздухе разлагается с образованием кислоты, имеющей запах горького миндаля.
4. Бесцветная жидкость с резким запахом.
5. Бесцветная маслянистая жидкость.

***4. Каково воздействие  $N_2O$  на организм человека в малых количествах?***

1. Чувство опьянения.
2. Удушье.
3. Раздражение дыхательных путей.

4. Ослабление обоняния.
5. Сердечные заболевания.

**5. Каковы характеристики  $H_2S$ ?**

1. Бесцветный газ со слабым запахом и сладковатым вкусом.
2. Бесцветный газ без запаха.
3. Бурого цвета с характерным неприятным запахом.
4. Огнеопасен, горит синим пламенем.
5. Бесцветный газ с запахом тухлых яиц.

**6. Какие области занимает биосфера?**

1. Нижнюю часть атмосферы.
2. Гидросферу.
3. Верхнюю часть литосферы.
4. Всю литосферу.
5. Часть гидросферы.

**7. Каковы характеристики  $NO$ ?**

1. Бесцветный газ со слабым запахом и сладковатым вкусом.
2. Бесцветный газ без запаха.
3. Бурого цвета с характерным неприятным запахом.
4. Бесцветный газ с запахом прелого сена.
5. Огнеопасен, горит синим пламенем.

**ВАРИАНТ 2**

**1. Какие энергетические устройства являются основными источниками загрязнения и вредных воздействий на окружающую среду?**

1. АЭС.
2. Ветряные турбины.
3. Сжигающие твердое топливо.
4. Сжигающие газообразное топливо.
5. Сжигающие жидкое топливо.

**2. Каково воздействие  $SO_2$  на организм человека?**

1. Раздражение глаз.
2. Удушье.
3. Сердечные заболевания.
4. Раздражение слизистой носа.
5. Рефлекторный бронхостеноз.

**3. Каковы характеристики  $HNO_3$ ?**

1. Желтоватый газ с сильным запахом.
2. Зеленовато-желтый газ с характерным запахом.
3. Бесцветные кристаллы, на воздухе разлагается с образованием кислоты, имеющей запах горького миндаля.
4. Бесцветная жидкость с резким запахом.
5. Бесцветная маслянистая жидкость.

**4. Каково воздействие  $Cl_2$  на организм человека?**

1. Раздражение верхних дыхательных путей.
2. Потеря сознания.
3. Потеря координации движения.
4. Смерть.
5. Химический ожог легких.

**5. Что является источником повышения концентрации  $CO$ ?**

1. Литейные производства.
2. Производство органических соединений из оксида углерода.
3. Производство карбида.
4. Заводы по переработке отходов.
5. Выхлопной газ из бензинового двигателя.

**6. Возможно ли расширение биосферы?**

1. Да.
2. Нет.

**7. Каковы характеристики  $N_2O$ ?**

1. Бесцветный газ со слабым запахом и сладковатым вкусом.

2. Бесцветный газ без запаха.
3. Газ бурого цвета с характерным неприятным запахом.
4. Бесцветный газ с запахом прелого сена.
5. Огнеопасен, горит синим пламенем.

### ВАРИАНТ 3

#### ***1. Какие области занимает биосфера?***

1. Нижнюю часть атмосферы.
2. Гидросферу.
3. Верхнюю часть литосферы.
4. Всю литосферу.
5. Часть гидросферы

#### ***2. Каково воздействие $H_2S$ на организм человека?***

1. Головная боль.
2. Потеря сознания.
3. Тахикардия.
4. Судороги.
5. Гипоксия.

#### ***3. Каковы характеристики $KCN$ ?***

1. Желтоватый газ с сильным запахом.
2. Зеленовато-желтый газ с характерным запахом.
3. Бесцветные кристаллы, на воздухе разлагается с образованием кислоты, имеющей запах горького миндаля.
4. Бесцветная жидкость с резким запахом.
5. Бесцветная маслянистая жидкость.

#### ***4. Каково воздействие $CO$ на организм человека?***

1. Повышение в крови концентрации метгемоглобина.
2. Удушье.
3. Раздражение дыхательных путей.
4. Ослабление обоняния.
5. Сердечные заболевания.

**5. Каковы задачи экологии?**

1. Охрана воздушного бассейна.
2. Охрана водного бассейна.
3. Защита пахотных земель.
4. Сохранение флоры и фауны.
5. Воспроизведение флоры и фауны.

**6. Каковы характеристики  $COCl_2$ ?**

1. Бесцветный газ со слабым запахом и сладковатым вкусом.
2. Бесцветный газ без запаха.
3. Газ бурого цвета с характерным неприятным запахом.
4. Бесцветный газ с запахом прелого сена.
5. Огнеопасен, горит синим пламенем.

**7. Воздействие  $Cl_2$  на организм?**

1. Спазм голосовых связок.
2. Отек легких.
3. Сковывание воздействий на центральную нервную систему.
4. Наркотическое опьянение.
5. Химические ожоги.

**ВАРИАНТ 4**

**1. Каковы характеристики  $H_2SO_4$ ?**

1. Желтоватый газ с сильным запахом.
2. Зеленовато-желтый газ с характерным запахом.
3. Бесцветные кристаллы, на воздухе разлагается с образованием кислоты, имеющей запах горького миндаля.
4. Бесцветная жидкость с резким запахом.
5. Бесцветная маслянистая жидкость.

**2. Возможно ли расширение биосферы?**

1. Да.
2. Нет.



**3. Каковы характеристики  $NO_2$ ?**

1. Бесцветный газ со слабым запахом и сладковатым вкусом.
2. Бесцветный газ без запаха.
3. Газ бурого цвета с характерным неприятным запахом.
4. Бесцветный газ с запахом прелого сена.
5. Огнеопасен, горит синим пламенем.

**4. Какие энергетические устройства являются основными источниками загрязнения и вредных воздействий на окружающую среду?**

1. АЭС.
2. Ветряные турбины.
3. Сжигающие твердое топливо.
4. Сжигающие газообразное топливо.
5. Сжигающие жидкое топливо.

**5. Каковы характеристики  $Cl_2$ ?**

1. Желтоватый газ с сильным запахом.
2. Зеленовато-желтый газ с характерным запахом.
3. Бесцветные кристаллы, на воздухе разлагается с образованием кислоты, имеющей запах горького миндаля.
4. Бесцветная жидкость с резким запахом.
5. Бесцветная маслянистая жидкость.

**6. Каково воздействие  $HNO_3$  на организм человека?**

1. Бронхит.
2. Тошнота.
3. Одышка.
4. Цианоз губ, лица.
5. Отек легких.

**7. Каково воздействие  $NO_2$  на организм человека?**

1. Отравление.
2. Чувство опьянения.
3. Раздражение дыхательных путей.

4. Ослабление обоняния.
5. Ослабление ночного зрения.

#### ВАРИАНТ 5

##### ***1. Каково воздействие Pb на организм человека?***

1. Изменения нервной системы.
2. Изменение сердечно-сосудистой системы.
3. Нарушение ферментативной реакции.
4. Снижение иммунобиологической активности.
5. Нарушение витаминного обмена.

##### ***2. Каково воздействие KCN на организм человека?***

1. Тканевая гипоксия.
2. Поражение центральной нервной системы.
3. Понижение деятельности щитовидной железы.
4. Судороги.
5. Головная боль.

##### ***3. Какие энергетические устройства являются основными источниками загрязнения и вредных воздействий на окружающую среду?***

1. АЭС.
2. Ветряные турбины.
3. Сжигающие твердое топливо.
4. Сжигающие газообразное топливо.
5. Сжигающие жидкое топливо.

##### ***4. Каково воздействие F<sub>2</sub> на организм человека?***

1. Резкое раздражение глаз.
2. Резкое раздражение верхних дыхательных путей.
3. Афония.
4. Токсическая пневмония.
5. Острая недостаточность кровообращения.

**5. Каково воздействие  $H_2SO_4$  на организм человека?**

1. Поражение слизистых оболочек носа и гортани.
2. Затруднение дыхания.
3. Кашель.
4. Охриплость.
5. Отек легких.

**6. Каково воздействие  $N_2O$  на организм человека в больших количествах?**

1. Наркотическое опьянение.
2. Удушье.
3. Раздражение дыхательных путей.
4. Ослабление обоняния.
5. Сердечные заболевания.

**7. Каково воздействие  $NO$  на организм человека?**

1. Повышение в крови концентрации метгемоглобина.
2. Удушье.
3. Раздражение дыхательных путей.
4. Ослабление обоняния.
5. Сердечные заболевания.

**ВАРИАНТ 6**

**1. Что такое ПДК и ПДВ?**

1. Предельно допустимое количество.
2. Предельно допустимая концентрация.
3. Предельно допустимый выброс.
4. Предельно допустимая категория.
5. Предельно допустимый выбор.

**2. Что такое безотходная технология?**

1. Технологическая система с замкнутыми материальными потоками.
2. Технологическая система с замкнутыми энергетическими потоками.

3. Технологическая система, потребляющая воду из природных водоемов.

4. Технологическая система, имеющая только сточные воды.

5. Технологическая система с минимальными выбросами.

***3. Какие меры являются радикальными для охраны окружающей среды?***

1. Создание безотходных производств.

2. Создание малоотходных производств.

3. Создание ресурсосберегающих технологий.

4. Создание энергосберегающих технологий.

5. Создание экосистем.

***4. Какие основные направления защиты окружающей среды обеспечивают создание безотходных технологий?***

1. Внедрение технологий, работающих по замкнутому циклу.

2. Создание бессточных технологических систем.

3. Создание водооборотных циклов.

4. Переработка отходов производства.

5. Создание территориальных промышленных комплексов с замкнутой структурой материальных потоков.

**ВАРИАНТ 7**

***1. Каковы основные направления технического прогресса?***

1. Разработка новых технологических процессов и систем, работающих по замкнутому циклу.

2. Внедрение новых технологических процессов систем, работающих по замкнутому циклу.

3. Внедрение ресурсосберегающих технологий.

4. Разработка ресурсосберегающих технологий.

5. Внедрение экосистем.

***2. Какие процессы относятся к экологически безвредным?***

1. Гидрометаллургические.

2. Пирометаллургические.

3. Плазменные.
4. Электрометаллургические.
5. Химические.

**3. Каков самый распространенный способ уменьшения промышленных выбросов?**

1. Создание бессточных технологических систем.
2. Переработка отходов производства в качестве вторичного сырья.
3. Захоронение отходов под землей.
4. Уничтожение сжиганием.
5. Предварительная термохимическая обработка сырья.

**4. Где используется наибольшее количество отходов в качестве сырья?**

1. В цветной металлургии.
2. В строительстве.
3. В химической промышленности.
4. В черной металлургии.
5. В машиностроении.

#### ВАРИАНТ 8

**1. Что из перечисленного не является сырьем для производства строительных материалов?**

1. Отходы углей.
2. Отходы руд.
3. Шлаки переработки твердого топлива.
4. Шлаки металлургических предприятий.
5. Отходы пищевой промышленности.

**2. Что производят из гранулированных металлургических шлаков?**

1. Портландцемент.
2. Бетон.
3. Трубы.
4. Плиты.
5. Кирпич.

**3. Какие отходы используют для производства строительных материалов?**

1. Нефелиновый шлак.
2. Колчеданные огарки.
3. Фосфогипс.
4. Титановый шлак.
5. Шлам от электролиза меди.

**4. Какие меры применяются помимо технологических для утилизации и сокращения промышленных выбросов?**

1. Захоронение под землей.
2. Уничтожение сжиганием.
3. Термохимическая обработка.
4. Биологический метод.
5. Флотация.

**ВАРИАНТ 9**

**1. В чем причина образования отходов производства?**

1. Наличие примесей в сырье.
2. Протекание побочных химических реакций.
3. Неполное протекание химических реакций.
4. Комплексное использование сырья.
5. Использование плазмы.

**2. В чем причина промышленных выбросов?**

1. Несовершенство всего производства.
2. Несовершенство отдельных звеньев производства.
3. Отсутствие комплексности использования сырья.
4. Максимальный выход целевых продуктов.
5. Интенсификация процессов производства.

**3. Какие из перечисленных технологий не относятся к малоотходным?**

1. Производство железа прямым восстановлением концентратов железной руды водородом.

2. Производство железа прямым восстановлением концентратов железной руды синтез-газом.
3. Кислородная плавка концентратов цветных металлов.
4. Производство глинозема по способу Байера.
5. Пирометаллургический способ производства цинка.

***4. Какие основные направления защиты окружающей среды обеспечивают создание безотходных технологий?***

1. Внедрение технологий, работающих по замкнутому циклу.
2. Создание бессточных технологических систем.
3. Создание водооборотных циклов.
4. Переработка отходов производства.
5. Создание территориальных промышленных комплексов с замкнутой структурой материальных потоков.

**ВАРИАНТ 10**

***1. Каковы основные направления технического прогресса?***

1. Разработка новых технологических процессов и систем, работающих по замкнутому циклу.
2. Внедрение новых технологических процессов систем, работающих по замкнутому циклу.
3. Внедрение ресурсосберегающих технологий.
4. Разработка ресурсосберегающих технологий.
5. Внедрение экосистем.

***2. Какие отходы используют для производства строительных материалов?***

1. Нефелиновый шлак.
2. Колчеданные огарки.
3. Фосфогипс.
4. Титановый шлак.
5. Шлам от электролиза меди.

**3. Какие из перечисленных технологий относятся к малоотходным?**

1. Производство глинозема по способу Байера.
2. Пирометаллургический способ производства цинка.
3. Гидрометаллургический способ производства цинка.
4. Кислотно-хлоридный способ переработки лопаритовых концентратов.
5. Производство железа прямым восстановлением концентратов железной руды синтез-газом.

**4. Какие процессы относятся к экологически безвредным?**

1. Гидрометаллургические.
2. Пирометаллургические.
3. Плазменные.
4. Электрометаллургические.
5. Химические.

## **Раздел II «Газовые выбросы металлургического производства»**

### **ВАРИАНТ 1**

**1. Как повысить эффективность работы системы газоочистки и срок службы пылеулавливающих аппаратов?**

1. Предварительно очистить газы в пылеосадительных камерах.
2. Провести футеровку аппаратов.
3. Увеличить объем аппаратов.
4. Увеличить количество аппаратов.
5. Снизить производительность.

**2. Как повысить эффективность работы циклона?**

1. Повысить скорость газового потока до 3...4,5 м/с.
2. Снизить скорость газового потока до 2...2,5 м/с.
3. Повысить скорость газового потока до 8...10 м/с.
4. Снизить скорость газового потока до 5...6 м/с.
5. Повысить скорость газового потока до 10...15 м/с.



**3. Какой рекомендуется угол сужения конфузора для нормализованной трубы Вентури?**

1. 10°.
2. 15°.
3. 35°.
4. 60°.
5. 25°.

**4. Какой из перечисленных аппаратов относится к высокоэффективным аппаратам сухой очистки газового потока?**

1. Труба Вентури.
2. Пылеосадительная камера.
3. Электродиализатор.
4. Рукавный фильтр.
5. Скруббер.

**5. Какова ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ )  $\text{SO}_2$ ?**

1. 5,0.
2. 0,2.
3. 0,15.
4. 0,5.
5. 1,0.

**6. Каковы основные недостатки электростатического способа очистки газов?**

1. Громоздкость.
2. Большие затраты на сооружение и содержание.
3. Значительный расход электроэнергии.
4. Избирательность.
5. Низкая эффективность.

**ВАРИАНТ 2**

**1. Каковы условия применения пылеосадительных камер?**

1. Крупность пыли менее 40 мкм, скорость потока 2...5 м/с.
2. Крупность пыли более 40 мкм, скорость потока 0,3...2 м/с.
3. Крупность пыли более 70 мкм, скорость потока более 5 м/с.
4. Крупность пыли менее 10 мкм, скорость потока 0,1...1,5 м/с.
5. Крупность пыли менее 50 мкм, скорость потока более 2 м/с.

**2. Почему при больших скоростях газового потока (более 4,5 м/с) степень улавливания пыли в циклонах падает?**

1. Рост гидравлического сопротивления циклона.
2. Унос уже осажденной пыли.
3. Снижение скорости осаждения.
4. Рост коагуляции частиц пыли.
5. Рост скорости осаждения.

**3. Что происходит в трубе Вентури?**

1. Флотация частиц пыли орошающей жидкостью.
2. Коагуляция частиц пыли с каплями орошающей жидкости.
3. Экстракция частиц пыли орошаемой жидкостью.
4. Деструкции частиц пыли.
5. Аморфизация частиц пыли.

**4. Какие ткани применяют в качестве фильтровального материала в рукавных фильтрах?**

1. Лавсан.
2. Хлопчатобумажные.
3. Шерсть.
4. Оксалон.
5. Стеклоткань.

**5. Какая сила обеспечивает большую эффективность пылеулавливания?**

1. Центробежная.
2. Электростатическая.
3. Гравитации.
4. Инерции.
5. Архимеда.

**ВАРИАНТ 3**

**1. Под действием какой силы происходит очистка в пылеосадительных камерах?**

1. Центробежной.

2. Электростатической.
3. Гравитации.
4. Архимеда.
5. Инерции.

**2. Как влияет увеличение вязкости газовой среды на эффективность работы циклона?**

1. Растет.
2. Не меняется.
3. Падает.

**3. Какой рекомендуется угол сужения конфузора для укороченной трубы Вентури?**

1. 60°.
2. 10°.
3. 20°.
4. 50°.
5. 80°.

**4. Почему со временем эффективность пылеулавливания в рукавных фильтрах увеличивается?**

1. Растет гидравлическое сопротивление.
2. Образуется слой из частиц пыли.
3. Сокращается количество очищаемого газа.
4. Повышается температура.
5. Расправляются рукава.

**5. С какой целью промышленные предприятия устанавливают «высокие» трубы для выброса газов?**

1. Для рассеивания примесей в верхних слоях атмосферы.
2. Для достижения ПДК.
3. Для дополнительной доочистки.
4. Для снижения тепловых потерь.
5. Для идентификации предприятия.

**6. Чем обусловлена громоздкость насадочных скрубберов?**

1. Малой производительностью.
2. Неравномерностью потока.
3. Большим гидравлическим сопротивлением.
4. Несовершенством конструкции.
5. Малой интенсивностью массообмена.

**ВАРИАНТ 4**

**1. Какая сила обеспечивает большую эффективность пылеулавливания?**

1. Центробежная.
2. Электростатическая.
3. Гравитации.
4. Инерции.
5. Архимеда.

**2. Как влияет увеличение размеров циклона на эффективность его работы?**

1. Снижается.
2. Растет
3. Не меняется.

**3. Как увеличить эффективность очистки газов в скруббере Вентури?**

1. Повысить удельное орошение.
2. Уменьшить средний диаметр капель жидкости.
3. Увеличить расход газа.
4. Уменьшить удельное орошение.
5. Увеличить размер аппарата.

**4. По какому показателю определяют необходимость регенерации фильтроткани в рукавном фильтре?**

1. Температура.
2. Вязкость газового потока.
3. Гидравлическое сопротивление.

4. Объем очищенных газов.
5. Эффективность очистки.

**5. Что такое дым?**

1. Аэродисперсная система с высокой скоростью осаждения под действием силы тяжести.
2. Аэродисперсная система с малой скоростью осаждения под действием силы инерции.
3. Аэродисперсная система с малой скоростью осаждения под действием силы тяжести.
4. Аэродисперсная система с высокой скоростью осаждения под действием силы инерции.
5. Аэродисперсная система с малой скоростью осаждения под действием центробежной силы

**6. Какова степень очистки газов для батарейных циклонов (производительностью более 20 000 м<sup>3</sup>/ч) при диаметре частиц 2...5 мкм?**

1. 70...90 %.
2. 60...70 %.
3. 50...60 %.
4. 40...50 %.
5. Менее 40 %.

**ВАРИАНТ 5**

**1. Каков принцип действия инерционного пылеуловителя?**

1. Резкое изменение направления движения газового потока.
2. Использование центробежной силы.
3. Использование силы тяжести.
4. Использование силы электростатического взаимодействия.
5. Использование энергии гидратации.

**2. Что происходит при значительном увеличении гидравлического сопротивления фильтровального материала рукавного фильтра?**

1. Увеличение вязкости газового потока.
2. Снижение эффективности очистки.
3. Снижение скорости газового потока.
4. Сокращение количества очищаемого газа.
5. Снижение выхода уловленной пыли.

**3. Когда образуются дымы?**

1. При сжигании топлива.
2. При деструктивной переработке топлива.
3. В результате химических реакций.
4. При окислении паров металла в электрической дуге.
5. При сепарации пульпы.

**4. Каково ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ )  $\text{SO}_2$ ?**

1. 5,0.
2. 0,2.
3. 0,15.
4. 0,5.
5. 1,0.

**5. На какие группы подразделяются вредные примеси в газообразных промышленных выбросах?**

1. Аэрозоли твердых веществ.
2. Аэрозоли жидкостей.
3. Газообразные и парообразные вещества.
4. Эмульсии твердых веществ.
5. Эмульсии жидких веществ.

## ВАРИАНТ 6

**1. Какой из перечисленных аппаратов относится к инерционным пылеуловителям?**

1. Отстойники.
2. Циклонные аппараты.
3. Жалюзийные аппараты.
4. Скрубберы.
5. Трубы Вентури.

**2. С чем в основном связаны гидравлические потери давления в циклоне?**

1. С увеличением скорости газа.
2. Размером аппарата.
3. Уменьшением скорости газа.
4. Трением и местным сопротивлением.
5. Изменением вязкости газового потока.

**3. Каков рекомендуемый средний диаметр капель воды в скруббере Вентури?**

1. 10...40-медианный диаметр частиц пыли.
2. 30...60-медианный диаметр частиц пыли.
3. 100...120-медианный диаметр частиц пыли.
4. 60...100-медианный диаметр частиц пыли.
5. 1...10-медианный диаметр частиц пыли.

**4. Как в рукавных фильтрах регулируют гидравлическое сопротивление фильтрующего материала?**

1. Заменой рукавов.
2. Повышением температуры.
3. Понижением температуры.
4. Повышением вязкости газового потока.
5. Периодическим удалением слоя осадка.

**5. Каков размер частиц пыли в дымах?**

1. 0,05...0,1 мкм.
2. 10...15 мкм.

3. 5...10 мкм.
4. 15...20 мкм.
5. 0,1...5 мкм.

**6. Каково гидравлическое сопротивление высокопроизводительных циклонов?**

1. Около 1080 Па.
2. 1080...1500 Па.
3. 1500...1700 Па.
4. 500...300 Па.
5. 500...800 Па.

**ВАРИАНТ 7**

**1. В каком аппарате для очистки газа от пыли используется действие центробежных сил?**

1. Скруббере.
2. Трубе Вентури.
3. Жалюзийных пылеуловителях.
4. Циклоне.
5. Рукавном фильтре.

**2. К какому типу аппаратов относится скруббер Вентури?**

1. Химической очистки.
2. Физико-химической очистки.
3. Механической очистки.
4. Биологической очистки.
5. Мокрой очистки.

**3. Какие трубы Вентури применяют при непостоянном расходе газового потока?**

1. С регулируемым сечением горловины.
2. С регулируемым гидравлическим сопротивлением.
3. С регулируемым расходом воды.
4. Без каплеуловителя.
5. С каплеуловителем.



**4. Как на практике производится регенерация рукавов рукавного фильтра?**

1. Автоматически.
2. Вручную.
3. Реверсивной отдувкой.
4. Непрерывно.
5. Заменой рукава.

**5. На какие группы подразделяются вредные примеси в газообразных промышленных выбросах?**

1. Аэрозоли твердых веществ.
2. Аэрозоли жидкостей.
3. Газообразные и парообразные вещества.
4. Эмульсии твердых веществ.
5. Эмульсии жидких веществ.

**6. Какова степень очистки газов для батарейных циклонов (производительностью более 20 000 м<sup>3</sup>/ч) при диаметре частиц 5...30 мкм?**

1. До 100 %.
2. До 95 %.
3. До 50%.
4. До 80 %.
5. До 70 %.

**ВАРИАНТ 8**

**1. Для очистки от пыли какой крупности эффективны инерционные пылеуловители?**

1. Менее 1...5 мкм.
2. Более 200 мкм.
3. Менее 10 мкм.
4. Менее 25 мкм.
5. Более 25 мкм.

**2. Каковы недостатки скруббера Вентури?**

1. Высокие эксплуатационные затраты.
2. Необходимость шламового хозяйства.
3. Громоздкость.
4. Сложность конструкции.
5. Высокий расход электроэнергии.

**3. Какие существуют методы очистки газов от пыли?**

1. Физико-химические.
2. Химические.
3. Механические.
4. Биологические.
5. Сухие и мокрые.

**4. Какова эффективность работы рукавного фильтра?**

1. 50...60 %.
2. 99 % и выше.
3. 70...80 %.
4. 80...90 %.
5. 90...99 %.

**5. Когда образуются дымы?**

1. При сжигании топлива.
2. При деструктивной переработке топлива.
3. В результате химических реакций.
4. При окислении паров металла в электрической дуге.
5. При сепарации пульпы.

**6. Какова степень очистки газов для батарейных циклонов (производительностью более 20 000 м<sup>3</sup>/ч) при диаметре частиц более 30 мкм?**

1. Более 90 %.
2. Около 50 %.
3. Около 90 %.
4. 50...90 %.
5. Более 95 %.

## ВАРИАНТ 9

### **1. Какова степень очистки газа от пыли в циклонах?**

1. 10...20 %.
2. 60...80 %.
3. 30...40 %.
4. 80...90 %.
5. 50...60 %.

### **2. Как сохранить высокую степень очистки газа при значительном росте количества газа?**

1. Снизить гидравлическое сопротивление.
2. Установить группу циклонов последовательно.
3. Установить группу циклонов параллельно.
4. Увеличить диаметр циклона.
5. Уменьшить размер циклона.

### **3. Что необходимо для стабильной высокоэффективной очистки газа от пыли в трубе Вентури?**

1. Постоянство гидравлического сопротивления.
2. Постоянство вязкости газового потока.
3. Постоянство удельного орошения.
4. Постоянство размера частиц пыли.
5. Постоянство газового потока в горловине трубы Вентури.

### **4. Каково ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) аммиака?**

1. 3,0.
2. 0,2.
3. 0,15.
4. 0,085.
5. 1,0.

### **5. Что такое аэрозоль?**

1. Суспензия частиц твердого вещества или жидкости.
2. Эмульсия частиц твердого вещества или жидкости.
3. Коллоидная смесь твердого и жидкого веществ.

4. Взвешенные частицы твердого вещества или жидкости.
5. Тексотропное вещество.

#### ВАРИАНТ 10

**1. В каких типах аппаратов пыле- и газоочистки используется сила инерции?**

1. Пылеосадительных камерах.
2. Отстойниках.
3. Экстракторах.
4. Скрубберах.
5. Циклонных сепараторах.

**2. Какова эффективность улавливания тонкой пыли в скруббере Вентури?**

1. 98...99 %.
2. 80...90 %.
3. 50...70 %.
4. 10...20 %.
5. 30...40 %.

**3. Какова ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) СО?**

1. 0,15.
2. 0,2.
3. 3,0.
4. 0,085.
5. 1,0.

**5. Что такое пыль?**

1. Эмульсия частиц твердого вещества.
2. Суспензия частиц твердого вещества.
3. Коллоидная смесь твердого вещества в воздухе.
4. Стабильная система.
5. Дисперсная малоустойчивая система.

**6. С какой целью промышленные предприятия устанавливают «высокие» трубы для выброса газов?**

1. Для рассеивания примесей в верхних слоях атмосферы.
2. Для достижения ПДК.
3. Для дополнительной доочистки.
4. Для снижения тепловых потерь.
5. Для идентификации предприятия.

**ВАРИАНТ 11**

**1. Каков принцип действия циклонного сепаратора?**

1. Резкое изменение направления движения газового потока.
2. Использование центробежной силы.
3. Использование силы тяжести.
4. Использование силы электростатического взаимодействия.
5. Использование энергии гидратации.

**2. Что собой представляет труба Вентури?**

1. Диффузор.
2. Конфузор.
3. Диффузор и конфузор.
4. Конфузор и диффузор.
5. Каплеуловитель.

**3. Какова температура процесса при факельном сжигании?**

1. 300...500 °С.
2. 500...700 °С.
3. 900...1000 °С.
4. 750...900 °С.
5. 200...300 °С.

**4. Что такое туман?**

1. Взвешенные частицы жидкости.
2. Суспензия частиц твердого вещества или жидкости.
3. Эмульсия частиц твердого вещества или жидкости.
4. Коллоидная смесь твердого и жидкого веществ.

5. Дисперсная малоустойчивая система.

**5. Что происходит в трубе Вентури?**

1. Флотация частиц пыли орошающей жидкостью.
2. Коагуляция частиц пыли с каплями орошающей жидкости.
3. Экстракция частиц пыли орошаемой жидкостью.
4. Деструкции частиц пыли.
5. Аморфизация частиц пыли.

**ВАРИАНТ 12**

**1. Для очистки от пыли какой крупности эффективны циклоны?**

1. Более 15...20 мкм.
2. Менее 15 мкм.
3. Менее 5 мкм.
4. Более 200 мкм.
5. Менее 10...15 мкм.

**2. Для чего (помимо очистки газов от пыли) может быть применен скруббер Вентури?**

1. Для обессоливания.
2. Для охлаждения газов.
3. Для очистки газов от вредных газообразных примесей.
4. Для нагрева газов.
5. Для повышения концентрации кислорода.

**3. Как рассчитать сопротивление трубы Вентури?**

1. Сумма всех потерь на трение.
2. Сумма потерь на все местные сопротивления.
3. Сумма потерь на трение и местные сопротивления.
4. Сумма гидравлического сопротивления неорошаемой трубы и гидравлического сопротивления, обусловленного вводом орошающей жидкости.
5. Сумма гидравлических сопротивлений, обусловленных вводом орошающей жидкости.

**4. Каково ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) оксида фосфора?**

1. 0,003.
2. 0,2.
3. 1,0.
4. 0,085.
5. 0,15.

**5. Как обеспечить ПДК в газовых выбросах при невозможности достигнуть его очисткой?**

1. Применить штрафные санкции.
2. Многократно разбавлять газы.
3. Произвести выброс через высокие трубы.
4. Закрыть предприятие.
5. Увеличить ПДК.

**6. Как на практике производится регенерация рукавов рукавного фильтра?**

1. Автоматически.
2. Вручную.
3. Реверсивной отдувкой.
4. Непрерывно.
5. Заменой рукава.

**ВАРИАНТ 13**

**1. Какие аппараты устанавливают за циклонами для более тонкой очистки газа?**

1. Пылеосадительные камеры.
2. Отстойники.
3. Рукавные фильтры или электрофильтры.
4. Скрубберы.
5. Экстракторы.

**2. Из чего состоит скруббер Вентури?**

1. Конфузора.
2. Диффузора.

3. Трубы Вентури и каплеуловителя.
4. Конфузора и диффузора.
5. Конфузора и каплеуловителя.

**3. Каковы преимущества сухого способа очистки газов от пыли перед мокрым?**

1. Малый расход воды.
2. Высокая эффективность.
3. Более легкая утилизация пыли.
4. Универсальность.
5. Возможность охлаждения газового потока.

**4. Какова ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) ртути?**

1. 0,0003.
2. 0,002.
3. 0,15.
4. 0,085.
5. 1,0.

**5. Что происходит при значительном увеличении гидравлического сопротивления фильтровального материала рукавного фильтра?**

1. Увеличение вязкости газового потока.
2. Снижение эффективности очистки.
3. Снижение скорости газового потока.
4. Сокращение количества очищаемого газа.
5. Снижение выхода уловленной пыли.

**ВАРИАНТ 14**

**1. Основные достоинства скруббера Вентури?**

1. Универсальность.
2. Низкие эксплуатационные затраты.
3. Простота изготовления.
4. Высокая эффективность улавливания.
5. Небольшие размеры.



**2. Каковы недостатки мокрого способа очистки газов от пыли?**

1. Большой расход воды.
2. Необходимость в больших площадях для шламового хозяйства.
3. Низкая эффективность.
4. Высокое гидравлическое сопротивление.
5. Более легкая утилизация пыли

**3. Какова ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) хлора?**

1. 3,0.
2. 0,1.
3. 0,15.
4. 0,5.
5. 1,0.

**4. Когда применяется факельное сжигание газовых выбросов?**

1. При БПК/ХПК  $\geq 0,6$ .
2. При высоком содержании неорганических соединений.
3. Когда концентрация горючих загрязнителей близка к нижнему пределу воспламенения.
4. Когда концентрация горючих загрязнителей близка к верхнему пределу воспламенения.
5. При БПК/ХПК  $\leq 0,6$ .

**5. Какой способ очистки газов от аэрозолей является универсальным?**

1. Химический.
2. Механический.
3. Биологический.
4. Электростатический.
5. Деструктивный.

**ВАРИАНТ 15**

**1. Какие негативные последствия наблюдаются при высоких скоростях газового потока в циклонах?**

1. Растет коагуляция частиц пыли.

2. Уменьшается гидравлическое сопротивление.
3. Возрастает абразивный износ.
4. Возрастает гидравлическое сопротивление.
5. Снижается степень улавливания пыли.

**2. От каких факторов зависит эффективность пылеулавливания в скруббере Вентури?**

1. Размера каплеуловителя.
2. Размера капель диспергированной жидкости.
3. Удельного расхода орошающей жидкости.
4. Относительной скорости газового потока.
5. Размера частиц пыли.

**3. Каково ПДК ( $\text{мг}/\text{м}^3$ )  $\text{TiCl}_4$ ?**

1. 5,0.
2. 2,0.
3. 0,15.
4. 4,0.
5. 1,0.

**4. Предохраняет ли «высокая» труба для выброса газов атмосферу от загрязнения?**

1. Да.
2. Нет.

**5. Каков диапазон работы электрофильтров при очистке от пыли сухих газов?**

1. 20...500 °С.
2. 500...600 °С.
3. 600...800 °С.
4. 400...600 °С.
5. 20...200 °С.

### Раздел III « Сточные воды металлургического производства»

#### ВАРИАНТ 1

##### **1. Что такое БПК?**

1. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в  $\text{CO}_2$  органических примесей.
2. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в  $\text{H}_2\text{O}$  органических примесей.
3. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в аэробных условиях всех органических соединений, содержащихся в 1 л сточных вод.
4. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в  $\text{NO}_2$  органических примесей.
5. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_2$  органических примесей.

##### **2. Каков недостаток электролиза как метода очистки сточных вод?**

1. Малая производительность.
2. Сложное аппаратное оформление.
3. Высокий расход электроэнергии.
4. Получение побочных продуктов.
5. Высокое газовыделение.

##### **3. Какова ПДК фенола в смеси бытовых и сточных вод перед биологической очисткой ( $\text{мг/дм}^3$ )?**

1. 500.
2. 1000.
3. 1500.
4. 2000.
5. 2500.

##### **4. На чем основан радиационно-химический метод очистки сточных вод?**

1. Сонолиз воды.
2. Пиролиз воды.

3. Гидролиз воды.
4. Радиоллиз воды.
5. Фотолиз воды.

**5. Для очистки сточных вод от каких примесей применяется коагуляция и флокуляция?**

1. Мелкодисперсных и коллоидных.
2. Грубодисперсных.
3. Органических.
4. Газообразных.
5. Минеральных.

#### ВАРИАНТ 2

**1. Каков главный показатель чистоты водоемов?**

1. ХПК.
2. БПК.
3. БПК<sub>5</sub>.
4. Количество растворенного кислорода.
5. ХПК<sub>10</sub>.

**2. Какой метод физико-химической очистки сточных вод эффективен на завершающей стадии очистки, а также для полного удаления токсичных веществ (анилина, ртути и т.п.)?**

1. Электросепарация.
2. Коагуляция.
3. Экстракция.
4. Ионный обмен.
5. Термический.

**3. Какова ПДК цианидов в смеси бытовых и сточных вод перед биологической очисткой (мг/дм<sup>3</sup>)?**

1. 2,0.
2. 3,5.
3. 4,0.
4. 2,5.
5. 1,5.

**4. Какие установки эффективны для адсорбционной очистки сточных вод?**

1. Многоступенчатые прямоточные.
2. Одноступенчатые противоточные.
3. Одноступенчатые прямоточные.
4. Перекрестный ток.
5. Многоступенчатые противоточные.

**5. Чем сопровождается нейтрализация при химическом методе очистки сточных вод?**

1. Отстаиванием осадков.
2. Уплотнением осадков.
3. Обезвоживанием осадков.
4. Распульповкой осадков.
5. Цементацией осадков.

**ВАРИАНТ 3**

**1. Какие вещества используют для адсорбционной очистки сточных вод?**

1. Опилки.
2. Золу.
3. Торф.
4. Глину.
5. Коксовую мелочь.

**2. Какова ПДК сульфидов в смеси бытовых и сточных вод перед биологической очисткой ( $\text{мг/дм}^3$ )?**

1. 1.
2. 2.
3. 4.
4. 5.
5. 6.

**3. От чего зависит концентрация вещества в очищенных сточных водах после n-й ступени адсорбционной очистки?**

1. Концентрации сорбента.
2. Объема сточных вод.
3. Исходной концентрации примесей.
4. Удельной адсорбции.
5. Продолжительности адсорбции.

**4. Какие вещества применяются для нейтрализации кислых стоков?**

1. Известняк.
2. Магнезит.
3. Гашеная известь.
4. Солевой рассол.
5. Экстрагенты.

**5. Для чего применяют флотацию при очистке сточных вод?**

1. Для очистки от грубо- и мелкодисперсных взвесей.
2. Для очистки от органических примесей.
3. Для очистки от неорганических примесей.
4. Для обессоливания воды.
5. Для разделения органических и неорганических соединений.

**ВАРИАНТ 4**

**1. Как определить скорость осаждения твердых частиц под действием силы тяжести при ламинарном режиме?**

1. По закону Стокса.
2. По закону сплошности.
3. По закону Бернулли.
4. По закону Паскаля.
5. По критерию Рейнольдса.

**2. Для очистки сточных вод от каких примесей применяется химический метод?**

1. Биологических.

2. Хорошо растворимых.
3. Малорастворимых.
4. Органических.
5. Неорганических.

**3. Какова ПДК ионов тяжелых металлов в смеси бытовых и сточных вод перед биологической очисткой ( $\text{мг/дм}^3$ )?**

1. 2...3.
2. 0,5...1.
3. 1...2.
4. 2...3.
5. 3...4.

**4. От чего зависит расход сорбента при адсорбционной очистке?**

1. Объема сточных вод.
2. Удельной адсорбции.
3. Исходной концентрации примесей.
4. Концентрации примесей ко времени  $\tau$ .
5. Типа адсорбера.

**5. Какова степень обессоливания сточных вод при производительности электродиализатора  $15...20 \text{ м}^3/\text{ч}$ ?**

1. 5...15 %.
2. 25...30 %.
3. 15...25 %.
4. 30...50 %.
5. 50...80 %.

#### ВАРИАНТ 5

**1. Каковы недостатки химических методов очистки сточных вод?**

1. Высокий расход электроэнергии.
2. Дорогое аппаратное оформление.
3. Высокий расход реагентов.
4. Громоздкое оборудование.

5. Дополнительное загрязнение почв.

**2. Какова ПДК ртути в смеси бытовых и сточных вод перед биологической очисткой (мг/дм<sup>3</sup>)?**

1. 0,001.
2. 0,002.
3. 0,005.
4. 0,008.
5. 0,009.

**3. Что такое гиперfiltrация сточных вод?**

1. Фильтрация под разряжением.
2. Фильтрация в электрическом поле.
3. Фильтрация многоступенчатая.
4. Фильтрация в магнитном поле.
5. Фильтрация через полимерные мембраны.

**4. Какие существуют способы очистки сточных вод от органических примесей?**

1. Деструктивные.
2. Регеративные.
3. Механические.
4. Химические.
5. Биологические.

**5. Что такое активный ил?**

1. Шлам.
2. Штамм.
3. Биопленка.
4. Шлак.
5. Штейн.



## ВАРИАНТ 6

**1. Какие аппараты относятся к аппаратам очистки сточных вод?**

1. Электрофилтры.
2. Скрубберы.
3. Отстойники.
4. Гидроциклоны.
5. Циклоны.

**2. Какова характеристика глубины распада органических соединений при биологической очистке сочных вод?**

1. БПК.
2. ХПК.
3. ПДК.
4. БПК/ХПК.
5. ПДК/БПК.

**3. Как удаляются «биологически жесткие» ПАВ?**

1. Перед биологической очисткой адсорбцией.
2. После биологической очистки фильтрацией.
3. Перед биологической очисткой отстаиванием.
4. После биологической очистки отстаиванием.
5. После биологической очистки адсорбцией.

**4. Какое давление необходимо для гиперfiltrации солевых растворов с концентрацией солей 20...30 г/дм<sup>3</sup>?**

1. 5...10 МПа.
2. 1...2 МПа.
3. 10...20 МПа.
4. 50...80 МПа.
5. 3...5 МПа.

**5. Какие биогенные добавки вводят в сточные воды для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов?**

1. Хлорид натрия.

2. Сульфат аммония.
3. Нитрат аммония.
4. Карбамид.
5. Суперфосфат.

#### ВАРИАНТ 7

**1. Как интенсифицировать процесс очистки сточных вод и повысить эффективность работы аппарата?**

1. Повысить вязкость сточных вод.
2. Понизить температуру.
3. Увеличить высоту аппарата.
4. Добавить экстрагент.
5. Добавить коагулянт.

**2. Каков показатель БПК/ХПК при удовлетворительном окислении веществ при биологической очистке?**

1. Не менее 0,1.
2. 0,1...0,3.
3. 0,3...0,4.
4. 0,4...0,6.
5. Не более 0,6.

**3. Что предпринимают со сточными водами при концентрации примесей, превышающих ПДК, для биологической очистки?**

1. Добавляют активный ил.
2. Разбавляют.
3. Концентрируют.
4. Окисляют.
5. Восстанавливают.

**5. Для очистки от каких примесей применяют термический способ обезвреживания сточных вод?**

1. Органических.
2. Неорганических.
3. Биологических.

4. Радиационных.
5. Твердых.

#### ВАРИАНТ 8

**1. Какой диаметр (мм) могут иметь гидроциклоны?**

1. 150...1000.
2. 5...150.
3. 1000...1500.
4. 1500...2000.
5. 2000...2500.

**2. Каковы благоприятные условия жизни микроорганизмов при биологической очистке сточных вод?**

1.  $t = 30...40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 5,5...8,5$ .
2.  $t = 60...90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 5,5...8,5$ .
3.  $t = 60...90\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 3,5...8,5$ .
4.  $t = 50...60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 8,5...12$ .
5.  $t = 30...40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{pH} = 8,5...12$ .

**3. Какова ПДК синтетических ПАВ в смеси бытовых и сточных вод перед биологической очисткой ( $\text{мг}/\text{дм}^3$ )?**

1. 10...20.
2. 50...60.
3. 60...80.
4. 20...50.
5. 5...10.

**4. Какие методы очистки сточных вод не применяют для очистки от органических примесей?**

1. Жидкофазное окисление.
2. Радиационное окисление.
3. Хлорирование.
4. Реагентный.
5. Эвапорация.

## ВАРИАНТ 9

### ***1. Как увеличить срок службы гидроциклона?***

1. Понизить температуру потока.
2. Провести внутреннюю футеровку.
3. Провести предварительную фильтрацию.
4. Установить сепаратор.
5. Расположить аппараты в каскад.

### ***2. Какие способы биологической очистки сточных вод существуют?***

1. Обратный осмос.
2. Аэробный.
3. Анаэробный.
4. Электролитический.
5. Ионообменный.

### ***3. Что такое активный ил?***

1. Шлам.
2. Штamm.
3. Биопленка.
4. Шлак.
5. Штейн.

### ***4. Каковы достоинства гиперfiltrации как метода очистки сточных вод?***

1. Высокая производительность.
2. Переработка высококонцентрированных растворов.
3. Относительно небольшие энергозатраты.
4. Простота и компактность установки.
5. Высокая селективность (до 99 %).

### ***5. Каковы оптимальные условия, обеспечивающие высокую активность микроорганизмов (мощность очистки) при очистке сточных вод?***

1. Содержание кислорода составляет 1 мг/л,  $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

2. Содержание азота составляет 1 мг/л,  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
3. Содержание кислорода составляет 10 мг/л,  $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
4. Содержание азота составляет 10 мг/л,  $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
5. Содержание серы составляет 1 мг/л,  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

## ВАРИАНТ 10

### ***1. Куда направляется сгущенный шлам после гидроциклона?***

1. На регенерацию.
2. На десорбцию.
3. На фильтрацию.
4. На агломерацию.
5. На деструкцию.

### ***2. В чем отличие аэробного и анаэробного способов биологической очистки сточных вод?***

1. В количестве выделяющейся  $\text{H}_2\text{O}$ .
2. В количестве выделяющегося  $\text{CO}_2$ .
3. В концентрации кислорода.
4. В концентрации  $\text{CO}_2$ .
5. В концентрации  $\text{NO}_3$ .

### ***3. Что такое ХПК?***

1. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в  $\text{CO}_2$  органических примесей.
2. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в  $\text{H}_2\text{O}$  органических примесей.
3. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в аэробных условиях всех органических соединений, содержащихся в 1 л сточных вод.
4. Количество кислорода, необходимое для полного окисления в  $\text{NO}_3$  органических примесей.
5. Количество кислорода, необходимое для полного окисления 1 мг вещества в  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}_3$  или для окисления органических примесей, содержащихся в 1 л воды.

**4. Какие методы очистки сточных вод не применяют для очистки от суспензированных и эмульгированных примесей?**

1. Ионный обмен.
2. Биологическое окисление.
3. Флотация.
4. Коагуляция.
5. Флоккуляция.

**5. К какому методу очистки сточных вод относится электро-диализ?**

1. Механическому.
2. Физико-химическому.
3. Химическому.
4. Биологическому.
5. Радиационно-химическому.

**ВАРИАНТ 11**

**1. Какие методы очистки сточных вод относятся к физико-химическим?**

1. Электросепарация.
2. Отстаивание.
3. Флотация.
4. Коагуляция
5. Экстракция.

**2. Когда в основном применяют анаэробный метод очистки сточных вод?**

1. Перед отстаиванием.
2. Перед фильтрацией.
3. Перед аэробной очисткой.
4. После аэробной очисткой.
5. После отстаивания.

**3. Какова ПДК формальдегида в смеси бытовых и сточных вод перед биологической очисткой (мг/дм<sup>3</sup>)?**

1. 10.
2. 20.
3. 25.
4. 50.
5. 60.

**4. Какие методы очистки сточных вод не применяют для очистки сточных вод от растворенных примесей?**

1. Реагентные.
2. Обратный осмос.
3. Адсорбцию.
4. Фильтрование.
5. Центробежные.

**5. Каков показатель БПК/ХПК при удовлетворительном окислении веществ при биологической очистке?**

1. Не менее 0,1.
2. 0,1...0,3.
3. 0,3...0,4.
4. 0,4...0,6.
5. Не более 0,6.

#### ВАРИАНТ 12

**1. Для чего применяют флотацию при очистке сточных вод?**

1. Для очистки от грубо- и мелкодисперсных взвесей.
2. Для очистки от органических примесей.
3. Для очистки от неорганических примесей.
4. Для обессоливания воды.
5. Для разделения органических и неорганических соединений.

**2. От каких показателей зависит эффективность биологической очистки при аэробном методе?**

1. Температуры.

2. рН.
3. Интенсивности перемешивания.
4. Концентрации кислорода в воде.
5. Степени рециркуляции активного ила.

**3. Каковы оптимальные условия, обеспечивающие высокую активность микроорганизмов (мощность очистки) при очистке сточных вод?**

1. Содержание кислорода составляет 1 мг/л,  $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2. Содержание азота составляет 1 мг/л,  $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
3. Содержание кислорода составляет 10 мг/л,  $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
4. Содержание азота составляет 10 мг/л,  $t = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
5. Содержание серы составляет 1 мг/л,  $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**4. Какие методы очистки сточных вод не применяют для очистки от минеральных примесей?**

1. Биологическое окисление.
2. Озонирование.
3. Мокрое сжигание.
4. Обратный осмос.
5. Ионный обмен.

**5. От чего зависит расход сорбента при адсорбционной очистке?**

1. Объема сточных вод.
2. Удельной адсорбции.
3. Исходной концентрации примесей.
4. Концентрации примесей ко времени  $\tau$ .
5. Типа адсорбера.

**ВАРИАНТ 13**

**1. К какому методу очистки сточных вод относится обратный осмос?**

1. Механическому.
2. Физико-химическому.
3. Химическому.



4. Биологическому.
5. Радиационно-химическому.

**2. Как называются реакторы для биологической очистки сточных вод?**

1. Агитаторы.
2. Скрубберы.
3. Ректификационные колонны.
4. Дистилляторы.
5. Аэротенки.

**3. Какие биогенные элементы необходимы для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов?**

1. Кислород.
2. Азот.
3. Фосфор.
4. Сера.
5. Углерод.

**4. Какие методы очистки сточных вод не применяют для очистки от органических примесей?**

1. Жидкофазное окисление.
2. Радиационное окисление.
3. Хлорирование.
4. Реагентный.
5. Эвапорация.

**5. Какие вещества используют для адсорбционной очистки сточных вод?**

1. Опилки.
2. Зола.
3. Торф.
4. Глину.
5. Коксовую мелочь.

## ВАРИАНТ 14

**1. К какому методу очистки сточных вод относится электро-диализ?**

1. Механическому.
2. Физико-химическому.
3. Химическому.
4. Биологическому.
5. Радиационно-химическому.

**2. Для очистки от каких примесей применяют термический способ обезвреживания сточных вод?**

1. Органических.
2. Неорганических.
3. Биологических.
4. Радиационных.
5. Твердых.

**3. Какие биогенные добавки вводят в сточные воды для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов?**

1. Хлорид натрия.
2. Сульфат аммония.
3. Нитрат аммония.
4. Карбамид.
5. Суперфосфат.

**4. Какие существуют способы очистки сточных вод от органических примесей?**

1. Деструктивные.
2. Регеративные.
3. Механические.
4. Химические.
5. Биологические.

**5. На чем основан радиационно-химический метод очистки сточных вод?**

1. Сонолиз воды.
2. Пиролиз воды.
3. Гидролиз воды.
4. Радиолиз воды.
5. Фотолиз воды.

**ВАРИАНТ 15**

**1. Какова степень обессоливания сточных вод при производительности электродиализатора 15...20 м<sup>3</sup>/ч?**

1. 5...15 %.
2. 25...30 %.
3. 15...25 %.
4. 30...50 %.
5. 50...80 %.

**2. Какие вещества применяются для нейтрализации кислых стоков?**

1. Известняк.
2. Магнезит.
3. Гашеная известь.
4. Солевой рассол.
5. Экстрагенты.

**3. Чем сопровождается нейтрализация при химическом методе очистки сточных вод?**

1. Отстаиванием осадков.
2. Уплотнением осадков.
3. Обезвоживанием осадков.
4. Распульповкой осадков.
5. Цементацией осадков.

**4. Для очистки сточных вод от каких примесей применяется коагуляция и флокуляция?**

1. Мелкодисперсных и коллоидных.
2. Грубодисперсных.
3. Органических.
4. Газообразных.
5. Минеральных.

**5. Что такое гиперfiltrация сточных вод?**

1. Фильтрация под разрежением.
2. Фильтрация в электрическом поле.
3. Фильтрация многоступенчатая.
4. Фильтрация в магнитном поле.
5. Фильтрация через полимерные мембраны.

#### **Раздел IV «Твердые отходы металлургического производства»**

**ВАРИАНТ 1.**

**1. Какие виды выбросов относятся к материальным?**

1. Световые, твердые отходы, пылевые
2. Тепловые, световые, шумовые, радиоактивные
3. Газопылевые, сточные воды, твердые отходы
4. Газопылевые, тепловые, сточные воды, твердые отходы
5. Нет правильного ответа

**2. Каковы основные принципы создания безотходных технологии?**

1. Локальная очистка сточных вод, очистка воздуха от газов, переработка твердых отходов
2. Утилизация отходов, создание территориально-промышленных комплексов, экологизация производства
3. Создания оборотного водоснабжения, создание территориально-промышленных комплексов, использование отходов одного производства другим

4. Локальная очистка сточных вод, использование отходов одного производства другим, создание территориально-промышленных комплексов, экологизация производства

5. Нет правильного ответа

**3. Побочные биологически или технически вредные вещества, которые содержат образовавшиеся в результате деятельности человека радионуклиды, называются:**

1. Промышленными отходами
2. Бытовые отходы
3. Радиоактивные отходы
4. Опасные отходы

**4. Технические методы обращения с отходами**

1. Утилизация
2. Сжигание
3. Захоронение
4. Переработка

**5. Опасными отходами считаются**

1. Отходы, содержащие тяжелые металлы
2. Отходы, содержащие полоний
3. Отходы, содержащие нитросоединения
4. Отходы, содержащие золу

**ВАРИАНТ 2.**

**1. Отходы производства — это...**

1. Остатки сырья, материалов и полупродуктов, образующиеся при получении заданной продукции, которые частично или полностью утратили свои качества и не соответствуют стандартам (техническим условиям). Эти остатки после соответствующей обработки могут быть использованы в сфере производства или потребления.

2. Непригодные для дальнейшего использования (по прямому назначению) изделия производственно-технического и бытового назначения (например, изношенные изделия из пластмасс и резины, вышедший из строя шамотный кирпич теплоизоляции печей и др.)

3. Продукты, которые образуются при физико-химической переработке сырья наряду с основными продуктами производства, но не являются целью производственного процесса

4. Содержащиеся в сырье компоненты, не используемые в данном производстве, или продукты, которые получаются при добыче или обогащении основного сырья

**2. Какой метод является наиболее эффективным при очистке воздуха от металлической пыли?**

1. Мокрый метод
2. Электростатический
3. Фильтрование
4. Центробежный метод
5. Нет правильного ответа

**3. Предварительное удаление серы из угля не может осуществляться:**

1. Гравитационным методом
2. Биологическим методом
3. Химическим методом
4. Термическим методом

**4. Основные свойства отходов, повышающие их опасность**

1. Растворимость
2. Летучесть
3. Нестабильность
4. Высокая плотность

**5. Отходы, которые после соответствующей обработки могут быть снова использованы в производстве, называются:**

1. Возобновляемыми ресурсами
2. Вторичными ресурсами
3. Невозобновляемыми ресурсами
4. Обратными ресурсами
5. Сбереженными ресурсами

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенова, Л. Л. Использование отходов предприятий черной и цветной металлургии в строительной индустрии / Л. Л. Аксенова, Л. В. Хлебенских. — Текст : непосредственный, электронный // Технические науки в России и за рубежом : материалы III Междунар. науч. конф. (г. Москва, июль 2014 г.). — Т. 0. — Москва : Буки-Веди, 2014. — С. 106–108. — URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/90/5669/>
2. Большина, Е. П. Экология металлургического производства [Текст] : курс лекций / Е. П. Большина. — Новотроицк : НФ НИТУ «МИСиС», 2012. — 155 с.
3. Богатырева, Е. В. Экология металлургического производства. Расчеты аппаратов газоочистки [Текст] : учебное пособие / Е. В. Богатырева, Ю. О. Колчин, Л. С. Стрижко. — М. : МИСиС, 2011. — 95 с.
4. Валуев, Д. В. Технологии переработки металлургических отходов [Текст] : учеб. пособие / Д. В. Валуев, Р. А. Гизатулин; Юргинский технологический институт. — Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2012. — 196 с.
5. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды [Текст] / А. Г. Ветошкин. — М. : Высшая школа, 2007. — 639 с.
6. Денисенко, Г. Ф. Охрана окружающей среды в черной металлургии : учеб. пособие для проф.-техн. училищ / Г. Ф. Денисенко, З. И. Губонина. — М. : Металлургия, 1989. — 120 с. ( В библиотеке ДонГТУ — 3 экз.)
7. Коршиков, Г. В. Влияние горения топлива в металлургических процессах на окружающую среду [Текст] : методические указания / Г. В. Коршиков. — Липецк : ЛГТУ, 1998. — 20 с. (электронный вариант)
8. Коршиков, Г. В. Свойства топлив и расчёт параметров горения в металлургических процессах [Текст] / Г. В. Коршиков, Е. Г. Коршикова. — Липецк : Издат. ЛГТУ, 2010. — 324 с.
9. Кочнов, Ю. М. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: аппараты очистки газов [Текст] : учебное пособие / Ю. М. Кочнов, И. В. Барышева, Л. А. Мирошкина, Н. Н. Козлова. — М. : МИСиС, 2001. — 161 с.

10. Лабораторные работы по экологии [Текст] : учеб.пособие / Н. А. Амирханова, В. В. Белоголов, Л. С. Беляева и др.; Уфимс. гос. авиац. тех. ун-т. — 2-е изд. перераб. и доп. — Уфа, 2002. — 187 с.

11. Охрана окружающей среды [Текст] : учеб. для техн. вузов / С. В. Белов, Ф. А. Барбинов, А. Ф. Кзьяков и др. ; под ред. С. В. Белова. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Высш. шк., 1991. — 319 с.

12. Охрана окружающей среды от загрязнения предприятиями черной металлургии [Текст] / А. П. Шицкова и др. — М. : Металлургия, 1982. — 207 с. ( В библиотеке ДонГТУ — 5 экз.)

13. Петров, К. М. Общая экология: Взаимодействие общества и природы [Текст] : учебн. пособие для вузов / К. М. Петров. — СПб. : Химия, 1998. — 352 с.

14. Сперанский, Б. С. Охрана окружающей среды в литейном производстве [Текст] : учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по спец. «Литейное производство черных и цветных металлов» и «Машины и технологии литейного производства» / Б. С. Сперанский, Б. Ф. Туманский. — К. : Вища школа ; Донецк, 1985. — 80 с. (В библиотеке ДонГТУ — 2 экз.)

15. Старк, С. Б. Газоочистные аппараты и установки в металлургическом производстве [Текст] : учеб. для вузов / С. Б. Старк. — М. : Металлургия, 1990. — 400 с.

16. Тарасов, А. В. Общая металлургия [Текст] : учебник для вузов / А. В. Тарасов, Н. И. Уткин. — М. : Металлургия, 1997. — 592 с.

17. Тищенко, Н. Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе [Текст] : справочное издание / Н. Ф. Тищенко. — М. : Химия, 1991. — 368 с.

18. Тюляев, Д. В. Анализ физико-химических свойств и технологической ценности конвертерной пыли [Текст] / Д. В. Тюляев, С. В. Куберский, М. Ю. Проценко // ДонГТУ : Сборник научных трудов ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ». — 2019. — №13. — С. 34–39.

19. Чибисова, Н. В. Практикум по экологической химии [Текст] : учебное пособие / Н. В. Чибисова; Калинингр. унт. — Калининград, 1999. — 94 с.

20. Экологические проблемы металлургического производства. Часть 1[Текст] : учебное пособие / Д. А. Рогожников, А. А. Шопперт,



И. В. Логинова. — Екатеринбург : Издательство УМЦ УПИ, 2017. — 224 с.

21. Экология металлургии [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://b2blogger.com/pressroom/metallurgy/5371.html>

22. Юдашкин, М. Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии [Текст] / М. Я. Юдашкин. — М. : Металлургия, 1984. — 320 с

23. Научная библиотека ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ»  
<http://library.dstu.education>

24. Электронно-библиотечная система ФГБОУ ВО «БГТУ им. В. Г. Шухова» <http://ntb.bstu.ru>

## **ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ, ВЕДЕНИЯ ЖУРНАЛА ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ И СОСТАВЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Перед тем, как приступить к выполнению практической работы, каждый студент должен получить допуск.

При допуске студенту необходимо знать: основные методики проведения экспериментов, материалы и оборудование, применяемые для проведения практической работы, основные свойства соединений в исследуемом материале и знать технику безопасности при работе в химической лаборатории.

При выполнении практической работы студент обязан вести журнал для практических работ, который предназначен для записи всех наблюдений за ходом эксперимента и полученных результатов. Делая записи в журнале, необходимо четко излагать суть проведенного опыта или исследования. Такие записи проводят или в процессе выполнения работы, или сразу же после ее окончания.

Отчеты ко всем проделанным практическим работам оформляются в журнале, последовательно.

Первый лист журнала — титульный лист оформляется согласно приложения 3.

Каждая практическая работа начинается с ее номера и названия и оформляется согласно приложения 2.

В отчете по каждой практической работе обязательно пишется:

1. Краткое теоретическое введение (описывается объект исследования и применяемые методы).

2. Практическая часть (номер и название опыта; методика проведения опыта, со всеми ее изменениями, если таковые имеются; полученные результаты и наблюдения, уравнение реакции, если проводилось какое-либо взаимодействие). При необходимости в практической части зарисовывают схему установки или прибора для проведения данного опыта.

3. Выводы о проделанной работе (анализируются полученные результаты).

При защите отчета студенту необходимо объяснить полученные результаты, сделать выводы, ответить на вопросы по проведению и результатам эксперимента.

## Приложение 2

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Луганской Народной Республики  
«Донбасский государственный технический университет»

Кафедра металлургия черных металлов

**Отчеты по практическим работам  
по курсу «Экологические проблемы металлургического  
производства»**

Выполнил:  
Студент (ка) группы

---

Проверил:

---

Алчевск 2021

### Приложение 3

#### ОБЩАЯ СТРУКТУРА ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА В ЖУРНАЛЕ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

\_\_\_\_\_ (подпись преподавателя о допуске к работе)

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № \_\_\_\_\_

Тема:

Цель работы:

Материалы и оборудование:

Опыт 1: (название)

Краткое описание опыта

Реакция(и) и наблюдения:

Выводы:

Опыт 2: и т.д.

Подпись преподавателя: \_\_\_\_\_

Дата сдачи отчета: \_\_\_\_\_

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Елена Юрьевна Рамазанова  
Ольга Викторовна Черняк

**ПРАКТИКУМ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПРОБЛЕМАМ  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Учебное пособие  
(для студентов направления подготовки 22.03.02 «Металлургия»)

В авторской редакции

Художественное оформление обложки

Н. В. Чернышова

---

Заказ № 16. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офс. Печать RISO.

Усл. печат. л. 11,9 Уч.-изд. л. 10,3

Издательство не несет ответственность за содержание  
материала, предоставленного автором к печати.

Издатель и изготовитель:

ГОУ ВО ЛНР «ДонГТИ»

пр. Ленина, 16, г. Алчевск, ЛНР, 94204

(ИЗДАТЕЛЬСКО-ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ ЦЕНТР, ауд. 2113, т/факс 2-58-59)

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя  
и распространителя средства массовой информации

МИ-СГР ИД 000055 от 05.02.2016