

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
(ВлГУ)

Кафедра химических технологий

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
«ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»**

**для студентов ВлГУ, обучающихся по направлению  
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии»**

**Владимир – 2015 г.**

Данные методические указания включают рекомендации по подготовке и проведению лабораторных работ по дисциплине «Промышленная экология» для студентов направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» ВлГУ.

Методические указания составлены на основе требований ФГОС ВО и ОПОП направления 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», рабочей программы дисциплины «Промышленная экология».

Рассмотрены и одобрены на  
заседании УМК направления  
18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие  
процессы в химической технологии,  
нефтехимии и биотехнологии»  
Протокол №9 от 1.04.2015 г.  
**Рукописный фонд кафедры ХТ ВлГУ**

Лабораторная работа №1  
***Принципы и методы защиты атмосферы от вредных выбросов***

1. Теоретическая часть

Рассмотреть и описать применение средств очистки воздуха от вредных веществ.

- конструкцию и принцип действия аппаратов и устройств для очистки отходящих газов от примесей: сухих пылеуловителей (циклонов, фильтров, электрофильтров, рукавных фильтров, адсорберов);
- конструкцию и принцип действия аппаратов мокрой очистки (скрубберов Вентури, барботажно-пенных пылеуловителей, туманоуловителей, абсорберов, хемосорберов);
- конструкцию и принцип действия аппаратов термической и каталитической нейтрализации газовых выбросов.
- аппараты многоступенчатой очистки.

2. Практическая часть

Решить задачи по заданию преподавателя

**Задача 1.** На первой ступени очистку дымовых газов проводят в циклоне и коэффициент полезного действия (КПД) циклона составляет 64,6 %. На второй ступени очистки установили рукавный фильтр. После этого суммарный КПД установки определен равным 91,2 %. Рассчитать действительный КПД второй ступени установки по очистке от пыли.

**Задача 2.** Опытный образец золоуловителя для очистки дымовых газов состоит из шести участков. Степень очистки на каждом участке, при работе без подачи напряжения, составляет 29 %. При подаче напряжения степень очистки воздуха распределяется по участкам следующим образом: 1-й участок – 34 %, 2-й – 31 %, 3-й – 13 %, 4-й – 11 %, 5-й – 7 %, 6-й – 3 %. Определить общий коэффициент полезного действия циклонного золоуловителя, работающего в обычном и электроциклонном режимах.

**Задача 3.** Циклоны применяют для очистки воздуха от высокодисперсных частиц магнезии. Очистка газов от частиц аэрозоля улучшается при действии на них одновременно центробежных и электрических сил. Во сколько раз уменьшается унос магнезии с очищенным газом, если концентрация аэрозоля магнезии на входе в циклон 1,71 г/м<sup>3</sup>, на выходе – 0,2 г/м<sup>3</sup>, а на выходе из циклона при работе его в электроциклонном режиме – 0,03 г/м<sup>3</sup>. Определить увеличение коэффициента полезного действия циклона при работе в электроциклонном режиме.

**Задача 4.** Дымовые газы на выходе из печи содержат 3,1 мас.% оксида углерода (IУ). На участке между печью и дымовой трубой вводится еще 5 кг/с дымовых газов, содержащих 65 мас.% оксида углерода (IV). Концентрация оксида углерода (IV) на выходе из дымовой трубы составляет 8,7 мас.%. Определить расход дымовых газов на выходе из печи.

**Задача 5.** В металлургии при проведении высокотемпературных процессов имеет место возгонка вредных примесей. Пары Pb, Zn, Cd, As, Se и других металлов или их оксидов с дымовыми газами поступают в газоход, где под действием понижения температуры десублимируются. Разработана технология улавливания возгонов в газоходе с целью предотвращения образования аэрозолей, основанная на осаждении возгонов на вводимых в газоход относительно холодных частицах с развитой поверхностью. Эти крупные частицы улавливают далее в системе пылеочистки. Рассчитать степень очистки дымовых газов от возгонов при температуре 3500 °С, если при 2000 °С осаждается 99 % частиц, 3000 °С – 92 %, 4000 °С – 85 %. Рассчитать необходимую массу вводимых частиц, если удельная поверхность частиц составляет 15 м<sup>2</sup>·г, а доля поверхности частиц, покрытая возгонами, равна 12 % (площадь, занимаемая одной молекулой возгона ZnO = 10<sup>-21</sup> м<sup>2</sup>).

**Задача 6.** Разработан новый каталитический способ очистки коксового газа от сероводорода. По этому способу 70 мас.% сероводорода переходит в серу, а 30 % – в товарный кокс. Содержание сероводорода в коксовом газе – 2 мас.%, выход коксового газа на одну тонну кокса 370 м<sup>3</sup>. Оценить содержание серы в коксе. Определить массу получаемой серы (на 1 т кокса).

**Задача 7.** В процессе плазмохимической обработки ртутьсодержащих отходов образуется газовая фаза, содержащая: H<sub>2</sub>S – 0.256 т, NH<sub>3</sub> – 0.116 т, HCl – 0.137 т, H<sub>2</sub> – 0.002 т, N<sub>2</sub> – 0.431 т. После нейтрализации хлороводорода газ отправляют на стадию дожига, на которой аммиак сгорает до азота, сероводород до оксида серы (IV). Оксид серы (IV) затем утилизируют обработкой газа раствором карбоната натрия. Определить массу газов, выбрасываемых в атмосферу (на 1 т отходов).

## Лабораторная работа №2

### *Принципы и методы защиты гидросферы от вредных сбросов*

#### 1. Теоретическая часть

Рассмотреть и описать применение средств и методов очистки стоков:

- методов механической очистки;
- химических методов очистки;
- физико-химических методов очистки;
- методов биологической очистки;
- методов очистки поверхностных сточных вод.

#### 2. Практическая часть

Решить задачи по заданию преподавателя

**Задача 1.** Рассчитать количество сорбента, достаточное для очистки 27 м<sup>3</sup> сточных вод, содержащих 82 мг/л ионов меди (II), если емкость сорбента до проскока при работе в динамическом режиме составляет 147,4 г/л (коэффициент запаса сорбента принять равным 1,3). Определить количество 10 % раствора серной кислоты, необходимое для регенерации этого количества сорбента, если ионы меди (II) сорбируются в виде гидроксида меди. Найти концентрацию ионов меди в элюате после регенерации.

**Задача 2.** Одна тонна разлитой нефти может образовать пленку на поверхности воды на площади 20 км<sup>2</sup>. Найти, какое количество сорбента понадобится для сбора нефтяной пленки, приходящейся на 1 км<sup>2</sup> поверхности морской воды, если один килограмм сорбента может впитать 8 л нефти. Средняя плотность нефти 820 кг/ м<sup>3</sup>.

**Задача 3.** В процессе сорбционной фильтрации воды с содержанием солей 160 мг/дм<sup>3</sup>, ионов меди (II) 2 мг/дм<sup>3</sup>, ионов железа (общего) 2,5 мг/дм<sup>3</sup> при работе по двум режимам получены следующие результаты, мг/дм<sup>3</sup>:

Показатели	Вариант 1	Вариант 2
Содержание солей	120	120
[Cu]	1,1	0,8
[Fe]	0,37	0,09

Определить увеличение массы сорбента в течение времени его работы до проскока, если ресурс работы сорбционного модуля принят равным 1000 л воды на 1 л сорбента.

**Задача 4.** Обработка воды коагулянтами – самый распространенный метод очистки больших объемов вод поверхностных источников от грубодисперсных и коллоидных загрязнений. В таблице приведены экспериментальные данные по обработке вод коагулирующей смесью.

Флокулянт	Доза флокулянта, мг/л	Мутность воды, мг/м <sup>3</sup>
КС + Праестол 611	0,1	2,0
	0,3	0,5
	0,5	0,1
	0,7	0,03

Определить дозу флокулянта для достижения значения мутности осветляемой воды в 0,2 мг/м<sup>3</sup>.

**Задача 5.** Окалиносодержащие осадки металлургических предприятий очищают на станции очистки фирмы Альфа-Лаваль. Производительность установки составляет 100 м<sup>3</sup>/ч. Стоки поступают во флотационный резервуар, из которого объединенную фракцию масла и твердой фазы с расходом 5 м<sup>3</sup>/ч подают на шнековую центрифугу. Выгружаемая из центрифуги твердая фаза содержит 30 мас.% воды и 9 % масла. Выделенная на центрифуге водомасляная смесь поступает на центробежный сепаратор для максимально полной очистки воды от масла. Очищенная на центробежном сепараторе вода содержит менее 0,5% масел и менее 500 мг/л твердых примесей, а отсепарированное масло – менее 5% взвесей и воды. Рассчитать эффективность работы центрифуги и сепаратора.

**Задача 6.** Осадок от обработки промывных вод из осветлителей необходимо подавать на уплотнение с добавлением флокулянта в сгуститель периодического действия. После сгустителя осадок отжимают на рамных пресс-фильтрах. Влажность исходного осадка 82 мас.%. Удельная поверхность фильтров по сухому веществу составляет 2,5 кг/(м<sup>2</sup>·ч). Обезвоженный осадок имеет влажность 78 мас.%. Сколько стадий сгущения осадка необходимо провести для получения на пресс-фильтрах осадка с влажностью менее 60 %.

**Задача 7.** Металлсодержащие гидроксидные осадки образуются при очистке промышленных сточных вод травильных и гальванических производств. Осадки выделяют из сточных вод центрифугированием. Производительность центрифуги по сточной воде – 4 м<sup>3</sup>/ч, по сухому веществу – 35 кг/ч. Содержание взвешенных веществ в фильтрате до 300 мг/дм<sup>3</sup>. Рассчитать влажность получаемого при центрифугировании осадка, если объем образующегося осадка составляет 15 % от расхода обрабатываемой воды.

### Лабораторная работа №3

#### *Защита земель и почвы от загрязнения*

##### 1. Теоретическая часть

Рассмотреть и описать технологии обезвреживания и утилизации твердых бытовых и промышленных отходов.

##### 2. Практическая часть

Решить задачи по заданию преподавателя

**Задача 1.** При переделе руды в железный концентрат переходит 71мас.% ванадия, из концентрата в чугуна – 83 %, из чугуна в товарный ванадиевый шлак – 82 %, из шлака в товарный пентаоксид ванадия – 78 %. Рассчитать выход ванадия по этой схеме. Каков будет выход ванадия, если вместо гидрохимической схемы извлечения ванадия из шлака применить комбинированную схему, включающую обогащение и гидрометаллургическую обработку, повышающую выход ванадия на этой стадии до 98 %.

**Задача 2.** Оценить запасы меди в 40 млн. т шламов обогатительного комбината (содержание меди в шламах 0,25 мас.%), рассчитать загруженность завода, технология которого рассчитана на переработку 200000 т сырья в год; массу готового металла, если КПД технологии составляет 92 %, а чистота получаемого металла – 99,5 %.

**Задача 3.** В процессе умягчения воды осаждением в смену получают 200 м<sup>3</sup> шлама, 15 % которого составляют твердые частицы нерастворимых солей. Плотность шлама 1500 кг/м<sup>3</sup>. Вначале шлам уплотняют центрифугированием, при этом отделяют 70 мас.% твердого материала шлама. Уплотненный шлам, содержащий 65 мас.% твердого материала, направляют в печь для обжига. Определить количество твердого материала и воды, которое поступает в печь.

**Задача 4.** Осадок, образующийся на очистных установках, имеет влажность 90 мас.%. В сгустителе осадок обрабатывают, добавляя к нему 20 кг/ч 10 % раствора гидроксида кальция, влажность осадка при этом снижается на 6 %. Затем осадок подают в инфракрасную сушилку, из сушилки 17,2 кг/ч осадка влажностью 30 % выводят на утилизацию. Определить влажность и массу осадка после сгустителя.

#### Лабораторная работа №4

##### *Малоотходные технологии. Использование вторичного сырья.*

###### 1. Теоретическая часть

Рассмотреть и описать принципы и возможности дальнейшего использования вторичного сырья – отходов основных промышленных производств:

- отходов металлургических предприятий;
- отходов деревоперерабатывающей промышленности;
- отходов полимерной промышленности и др.

###### 2. Практическая часть

Решить задачи по заданию преподавателя

**Задача 1.** При производстве черепицы используют следующие компоненты:

- отходы пластмассы (полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полиамид и другие термопластичные);
- наполнитель (песок, гравий, щебень, мраморная крошка, керамика, молотое стекло);
- краситель.

Примерная норма расхода на 100 м<sup>2</sup> – 500 кг пластмассы, 1580 кг песка, 12,5 кг красителя. Расход электроэнергии 18 квт/ч. Производительность установки 35 м<sup>2</sup> черепицы в смену. Рассчитать необходимое количество материалов, отходов и электроэнергии для работы установки в течение месяца.

**Задача 2.** Разработана технология переработки металлургического шлака. Шлак текущего производства проходит две стадии переработки на щебень. На первой – шлак подают самотеком в шлаковую яму, он остывает и в яме его измельчают с помощью «шар-бабы», после чего магнитом из шлака извлекают 15 мас.% крупных кусков металла. Измельченный шлак перерабатывают на щебень. После дробления в щековой дробилке получают товарные фракции: 0 – 5 мм (20 %), 5 – 20 мм (30 %), 20 – 40 мм (30 %), 40 – 70 мм (20 %). Рассчитать объем шлаковой ямы, если остывание шлака происходит в течение 10 мин, на первичное измельчение и извлечение металла магнитом необходимо 6 мин, на полное извлечение шлака – еще 20 мин. Запланированная производительность установки 390 тыс.т/год. Вычислить объемы складов для шлака различной крупности, учитывая необходимость десятисуточного запаса продукции.

**Задача 3.** Для производства вяжущих материалов могут быть использованы горнопромышленные отходы, например вулканический шлак, в который добавляют 5 мас.% гипса и 20 мас.% извести. Далее смесь обжигают при температуре 600-7000 °С, потеря массы при этом достигает 15 %. Затем обожженную смесь измельчают совместно с добавкой 45 мас.% цемента. Определить выход вяжущего.

#### Лабораторная работа №5

##### *Составление материально-экологического баланса.*

###### 1. Теоретическая часть

Балансовые схемы производства, технологии процесса необходимы для разработки стратегии рентабельного обращения с материальными и энергетическими ресурсами. К трудностям, возникающим при составлении балансовых схем, относятся следующие:

- не все материальные потоки на реальном производстве оснащены измеряющими устройствами, в этих случаях потоки должны быть рассчитаны;
- часто необходима проверка правильности результатов анализов сырья, полупродуктов и основной продукции производства;
- необходимо выявить неучтенные потери сырья, материалов, полупродуктов, некондиционной продукции, отходов.

Реализация мероприятий, направленных на улучшение экологической обстановки на действующих предприятиях, требует расчетов ресурсов дополнительных реагентов, оценки запасов полезных веществ, содержащихся в отходах, определения увеличения предполагаемых выходов продуктов и т.п.

Балансовые схемы цехов, технологий можно проанализировать, составив по имеющимся данным материально-экологический баланс. Материально-экологические балансы наглядно и количественно отражают экологические показатели технологии, позволяют найти так называемые «узкие места».

В задачах на составление материально-экологического баланса необходимо рассчитать:

1.  $U$  – показатель производства, характеризующий уровень использования сырья и материалов в продукции, вычисляемый по формуле  $U = P/r$ , где  $P$  – количество материалов и сырья в продукции, произведенной за время  $t$ ;  $r$  – общее количество сырья и материалов, поступивших в производство за время  $t$ ;

2.  $M$  – показатель, характеризующий уровень отходов, охваченный системой управления отходами; вычисляется по формуле  $M = g/y$ , где  $g$  – количество отходов, охваченных системой управления (временное хранение, сбор, переработка, захоронение);  $y$  – количество отходов, образовавшихся за время  $t$ ;

3.  $R$  – показатель уровня переработки отходов, охваченных системой управления; вычисляется по формуле  $R = s/g$ , где  $S$  – количество вторичного сырья, полученное в результате переработки отходов.

###### 2. Практическая часть

Решить задачи на составление материально-экологического баланса, выданные преподавателем.