

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»

Институт повышения квалификации
и переподготовки

Кафедра «Металлургия и технологии обработки материалов»

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

ПРАКТИКУМ

**по выполнению лабораторных работ
для слушателей специальности переподготовки
1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении
и приборостроении»
заочной формы обучения**

Гомель 2019

УДК 502.1(075.8)
ББК 20.1я73
О-75

*Рекомендовано кафедрой «Металлургия и технологии обработки материалов»
ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 2 от 28.01.2019 г.)*

Составитель *С. Н. Целуева*

Рецензент: зав. отделом «Композиционные материалы и рециклинг полимеров»
ГНУ «Институт механики металлополимерных систем
имени В. А. Белого» Национальной академии наук Беларуси
д-р техн. наук, проф. *В. М. Шаповалов*

Основы экологической безопасности : практикум по выполнению лаборатор. работ для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» заоч. формы обучения / сост. С. Н. Целуева. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2019. – 40 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <http://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Практикум составлен в соответствии с учебной программой по дисциплине «Основы экологической безопасности». Приведены теоретические сведения, методика и порядок выполнения лабораторных работ по данной дисциплине.

Для слушателей специальности переподготовки 1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении и приборостроении» учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого».

УДК 502.1(075.8)
ББК 20.1я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2019

ВВЕДЕНИЕ

Создание предпосылок для полноценной жизни людей невозможно без благоприятной природной среды.

Реальная действительность нашей эпохи выявила новую насущную потребность человечества – обеспечение экологической безопасности, которая необходима человеку в той же мере, как и удовлетворение всех традиционных потребностей. Право на социально гарантированный минимум экологической безопасности вошло в минимальный стандарт жизнеобеспечения в современном обществе.

Особенность экологической безопасности состоит в том, что она является коллективно потребляемым благом, доступным либо всем, либо никому. Невозможно уменьшить степень экологической опасности для отдельных лиц, групп населения, территорий, так как природа не знает социальных, государственных, административных границ. Нарушение же экологической безопасности вследствие негативного антропогенного воздействия на природу приводит к явлению так называемого «экологического бумеранга», когда последствия этих воздействий стали обращаться против самого человека. Это – загрязнение окружающей среды вредными (токсичными) веществами, истощение ресурсов, изменение природных и возникновение техногенных ландшафтов.

Ускоренное развитие промышленного производства и недостаточная подготовленность современного общества к осуществлению необходимых защитных действий приводит к возрастанию уровня аварийной опасности в техногенной сфере.

Однако не только катастрофические техногенные ситуации являются фактором экологической опасности. Накопленный производственный потенциал и в нормальном, безаварийном режиме работы создает серьезную экологическую угрозу в результате эмиссии разнообразных отходов производства, постепенная концентрация которых может привести к утрате жизнепригодных свойств среды обитания.

К «жизнепригодным свойствам среды обитания» относят набор характеристик, определяющих нормальное функционирование экосистемы планеты, в частности: практическое отсутствие жесткого ультрафиолетового излучения у поверхности Земли благодаря существованию защитного озонового слоя; относительное постоянство климатических условий с максимальными колебаниями средне планетарной температуры порядка 0,1 °С; загрязнение среды обитания в пределах

допустимого. Антропогенное воздействие на окружающую среду может привести к разрушению озонового слоя стратосферы, глобальному изменению климата, глобальному загрязнению окружающей среды. В этом случае параметры жизнепригодных свойств среды обитания превысят свои критические значения, что может привести к последующим катастрофическим явлениям.

Однако остановить технический прогресс во имя полной безопасности для природы, а, следовательно, и для здоровья и жизни людей, – это не только не гарантировать «нулевого риска» окружающей среде, но и подорвать экономический потенциал общества, без развития которого невозможно создание более совершенных и безопасных технологий. Кроме того, вернуться «назад к природе», – значит повернуть общество к существованию в условиях ограничений.

Накопленный к настоящему времени практический опыт и результаты научных исследований воздействия факторов опасности на человека и окружающую его среду привели к постепенному переходу большинства развитых стран от господствовавшей прежде концепции «абсолютной безопасности» техногенного развития, или принципа «нулевого риска», к принципу «приемлемого риска».

Практика хозяйственной деятельности и научные изыскания привели в начале 70-х годов XX в. к пониманию невозможности создания абсолютно безопасных технологий и вследствие этого несоответствия политики «абсолютной безопасности» и принципа «нулевого риска» реальной действительности. Исследователи пришли к выводу, что раз невозможно обеспечить полную безопасность населения и природной среды от техногенных и других факторов экологической опасности, то следует стремиться хотя бы к достижению приемлемого для человека риска. Эта «приемлемость» должна быть обоснована экономически и социально, то есть уровень риска можно считать приемлемым, если возможный при его реализации ущерб незначителен настолько, что общество готово пойти на этот риск ради получаемых в результате хозяйственной деятельности материальных и социальных благ.

Политика «приемлемого риска» в области экологической безопасности базируется на следующих основополагающих принципах:

- изменение цели политики: в отличие от концепции «абсолютной безопасности», ориентированной только на совершенствование безопасности технических систем, целью становится сохранение здоровья каждого человека и качества окружающей среды;

- разработке методов количественной оценки безопасности, основанных на показателях состояния здоровья человека и качества окружающей среды;

- переориентации системы контроля, сконцентрированного преимущественно на факторах опасности, к контролю за воздействием этих факторов на человека и окружающую среду (сохраняя, конечно, и контроль за самими факторами опасности) и др.

Таким образом, главная цель политики «приемлемого риска» – сохранение здоровья каждого человека и общества в целом, повышение качества природной среды.

Индикаторами (критериями) уровня экологической безопасности могут служить такие показатели, характеризующие здоровье населения и качество окружающей среды, как:

- ***средняя ожидаемая продолжительность жизни (СОПЖ);***
- степень удаленности состояния экосистем от границ их динамической неустойчивости (точки бифуркации), то есть уровень ***предельно допустимой экологической нагрузки (ПДЭН).***

Существуют и **частные показатели, характеризующие уровень экологической безопасности страны:**

- ***индекс качества среды;***
- ***индекс запаса природных ресурсов;***
- ***индекс уровня жизни;***
- ***индекс здоровья населения.***

Исходя из основной цели обеспечения экологической безопасности страны в контексте политики «приемлемого риска» **интегральным показателем для оценки уровня экологической безопасности человеческой популяции может служить *состояние здоровья населения.***

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ СБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ

Цель работы: ознакомление с составом загрязнений водных объектов различными производствами, возможными методами контроля и нормирования загрязнений.

1 Теоретические сведения

1.1 Показатели качества воды

Правовое регулирование охраны вод в РБ осуществляется Водным кодексом Республики Беларусь (в редакции 2013 г.), который устанавливает права и обязанности водопользователей, среди них:

- использование водных объектов в целях, для которых они предоставлены;
- проведение необходимых работ по сохранению и улучшению качества вод, восстановлению водных объектов;
- ведение учета количества забираемых вод;
- осуществление контроля за качеством забираемой воды;
- поддержание в надлежащем состоянии очистных и других сооружений.

В водном кодексе РБ изложены основы правовой охраны вод.

Охрана вод (водных объектов) обеспечивается путем:

- нормирования в области охраны и использования вод;
- установления водоохраных зон и прибрежных полос поверхностных водных объектов и режима ведения в них хозяйственной и иной деятельности;
- создания и функционирования системы мониторинга поверхностных и подземных вод;
- установления требований и условий сброса сточных, карьерных (шахтных, рудничных), дренажных вод в поверхностные водные объекты;
- реализации государственных, отраслевых и региональных программ в области охраны и использования вод, планов управления речными бассейнами и водохозяйственных балансов;

- недопущения загрязнения и засорения поверхности ледяного покрова поверхностных водных объектов;
- установления ответственности юридических лиц и граждан за нарушение законодательства об охране и использовании вод.

Требования к качеству и безопасности питьевой воды на территории республики изложены для воды централизованных систем водоснабжения в СанПиН 10-124 РБ 99 “Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества”.

Для оценки качества воды и состояния водных экосистем используются:

- ПДК химических веществ в воде рыбохозяйственных водных объектов;
- экологические показатели безопасности в области охраны вод:
 - биохимическое потребление кислорода (БПК₅) и концентрация аммонийного азота, концентрации фосфат-ионов (в пересчете на фосфор) и нитрат-ионов (в пересчете на азот) в реках;
 - общее содержание фосфат-ионов (в пересчете на фосфор) и азота общего (по Кьельдалю) в озерах;
- для оценки состояния водных экосистем используются методы, широко распространенные в странах СНГ и ЕС.

Контроль за уровнем загрязненности поверхностных вод суши в РБ проводится на всех водных объектах. Там расположены пункты наблюдения, учитываются физические, химические и гидробиологические показатели. В гидрохимических лабораториях определяется более 100 показателей качества воды, в том числе около 40 специфических загрязняющих веществ, среди них: содержание плавающих примесей и взвешенных веществ, запах, вкус и цвет воды, состав и концентрация минеральных примесей и растворенного в воде кислорода, состав и концентрация ядовитых и вредных веществ; устанавливается ее соответствие нормам ПДК. В зависимости от категории пункта наблюдения отбор проб воды проводят ежедневно, еженедельно, ежемесячно или ежеквартально выше и ниже источника загрязнения по течению на разных расстояниях от него. При оценке степени загрязненности поверхностных вод используют нормативы

ПДК вредных веществ, разработанные для объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, отдельно – для рыбохозяйственных водоемов.

Для воды установлены предельно допустимые концентрации более чем 960 химических соединений, которые объединены в три группы по следующим лимитирующим показателям вредности (ЛПВ):

- *санитарнотоксикологическому;*
- *общесанитарному;*
- *органолептическому.*

Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования устанавливаются для поверхностных и подземных вод в целях охраны здоровья населения.

К гигиеническим нормативам безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования относятся:

- предельно допустимые концентрации химических веществ в воде водных объектов;
- ориентировочные допустимые уровни химических веществ в воде водных объектов;
- органолептические показатели;
- микробиологические показатели;
- показатели радиационной безопасности.

Гигиенические нормативы безопасности воды водных объектов для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового (рекреационного) использования утверждаются Министерством здравоохранения Республики Беларусь.

Используемые в настоящее время методы оценки качества воды с помощью системы ПДК загрязняющих веществ не дают полного представления о состоянии природных вод и не являются достаточной гарантией их охраны от загрязнения.

Современная промышленность ежегодно синтезирует много новых веществ; установление их ПДК неизбежно запаздывает, тем более, что, попадая в воду, эти вещества могут создавать новые, неисследованные комбинации соединений с неизвестными свойствами.

Таким образом, существующие ПДК, разработанные санитарно-

гигиенической службой, далеко не полностью отражают влияние чужеродных веществ на водные экосистемы. Необходима разработка экологических ПДК и оценка состояния природных вод не только по общесанитарным, органолептическим и химическим показателям, но и по биохимическим и микробиологическим характеристикам, отражающим уровень жизни гидробионтов.

Интегральная оценка качества воды проводится по гидрохимическим показателям. При наличии данных о нескольких оцениваемых показателях определяется сумма приведенных концентраций к ПДК (принцип суммации воздействий). При этом критерием качества воды является значение:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C\phi_i}{ПДК_i} \leq 1, \quad (1)$$

где $C\phi_i$ – фактическая концентрация i -го вещества в воде водоема;
 $ПДК_i$ – предельно допустимая концентрация i -го ингредиента.

Качество поверхностных вод при наличии результатов по достаточному количеству показателей оценивается **индексом загрязнения воды (ИЗВ)**, который рассчитывается как $1/6$ суммы отношений средних концентраций учитываемых ингредиентов (растворенный кислород, БПК₅, азот аммонийный, азот нитритный, нефтепродукты и фенолы) к предельно допустимым концентрациям этих ингредиентов:

$$ИЗВ = \frac{1}{6} \sum_{i=1}^6 \frac{C_i}{ПДК_i}, \quad (2)$$

где C_i – средняя концентрация определяемого ингредиента за период наблюдений;

6 – количество ингредиентов, учитываемых при расчетах.

Информация, полученная в системе мониторинга поверхностных вод, представляется в виде:

- абсолютных значений содержания гидрохимических ингредиентов (средние, максимальные, минимальные значения);
- приведенных к нормативным значениям (доли ПДК).

В таблице 1 приведены ПДК веществ в воде водных объектов.

Класс качества и степень загрязнения воды представлены в таблице 2.

Таблица 1 – ПДК веществ в воде водных объектов

Показатели	ПДК, мг/дм ³
Растворенный кислород, мг O ₂ /дм ³	не ниже 4,0
БПК ₅ , мг O ₂ /дм ³	3,000
Азот аммонийный	0,390
Азот нитритный	0,020
Азот нитратный	9,000
Фосфаты	0,200
Железо	0,100
Медь	0,001
Цинк	0,010
Никель	0,010
Кобальт	0,010
Свинец	0,100
Хром	0,001
Фенол	0,001
Нефтепродукты	0,050
СПАВ	0,100

Таблица 2 – Классификация качества поверхностных вод по величине ИЗВ

Величина ИЗВ	Степень загрязнения	Класс качества воды
Менее или равно 0,3	Чистые	I
Более 0,3 до 1	Относительно чистые	II
≥ 1 ≥ 2,5	Умеренно загрязненные	III
≥ 2,5 ≥ 4	Загрязненные	IV
≥ 4 ≥ 6	Грязные	V
≥ 6 ≥ 10	Очень грязные	VI
Более 10	Чрезвычайно грязные	VII

Нормирование сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду производится путем установления **предельно допустимых сбросов (ПДС)** вредных (загрязняющих) веществ.

Величины предельно допустимых сбросов веществ принимают-

ся в граммах в час (г/ч). Этим предполагается обеспечить запрет неравномерного (залпового) сброса веществ со сточными водами.

Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод устанавливаются в целях предотвращения загрязнения поверхностных водных объектов.

Перечень показателей состава и свойств сточных вод для установления величин ПДС веществ должен включать только те показатели и вещества, присутствие которых в сточных водах связаны с производственной деятельностью водопользователя и его технологическим регламентом (добыча, использование, транспортировку и т.д.), при этом сброс других веществ запрещается.

Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод устанавливаются для каждого загрязняющего вещества, включенного в перечень нормируемых загрязняющих веществ в составе сточных вод, утверждаемый Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

К нормативам допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод относятся:

- допустимая концентрация загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект (миллиграммов в кубическом дециметре);
- максимально допустимая масса загрязняющих веществ в составе сточных вод, сбрасываемых в поверхностный водный объект, за определенный период времени (тонн в год).

Установление нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод производится с учетом нормативов качества воды поверхностных водных объектов.

Требования к установлению нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод определяются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь.

Нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод разрабатываются водопользователями и устанавливаются территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в разрешениях на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешениях.

В случае, если в процессе проведения реконструкции, модерни-

зации, капитального ремонта очистных сооружений сточных вод не обеспечивается достижение нормативов допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод, а также на период проведения пусконаладочных работ на таких сооружениях или выхода их на проектную мощность могут устанавливаться временные нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод.

Временные нормативы допустимых сбросов химических и иных веществ в составе сточных вод разрабатываются водопользователями и устанавливаются территориальными органами Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь в разрешениях на специальное водопользование, комплексных природоохранных разрешениях на срок от 1 года до 3 лет.

Установленные ПДС и соответствующие им допустимые концентрации веществ в сточных водах, являются основой для планирования водоохранных мероприятий. Предприятия-водопользователи, сбрасывающие сточные воды с превышением установленных ПДС веществ, обязаны в установленный срок, обеспечить выполнение планов мероприятий по поэтапному достижению ПДС.

Нормирование качества воды, водных объектов осуществляется путем установления совокупности допустимых значений показателей ее состава и свойств, в границах которых обеспечиваются безопасные условия водопользования и которые устанавливаются для воды, используемой для удовлетворения питьевых, хозяйственно-бытовых и рекреационных потребностей, а также потребностей рыбного хозяйства.

Сброс сточных вод предприятием предполагается в пределах населенного пункта в реку, которая используется для нецентрализованного хозяйственно-питьевого водоснабжения.

1.2 Классификация сточных вод промышленных предприятий

Производственные сточные воды – это воды, использованные в технологическом процессе производства или получающиеся при добыче полезных ископаемых (угля, нефти, руд и т.п.);

Производственные сточные воды делятся на две основные категории:

- *загрязненные;*
- *незагрязненные (условно чистые).*

Загрязненные производственные сточные воды содержат различные примеси и подразделяются на три группы:

- загрязненные преимущественно минеральными примесями (предприятия металлургической, машиностроительной, рудо- и угледобывающей промышленности; заводы по производству минеральных удобрений, кислот, строительных материалов и др.);
- загрязненные преимущественно органическими примесями (предприятия мясной, рыбной, молочной, пищевой, целлюлозно-бумажной, химической, микробиологической промышленности; заводы по производству пластмасс, каучука и др.);
- загрязненные минеральными и органическими примесями (предприятия нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, текстильной, легкой, фармацевтической промышленности; заводы по производству консервов, сахара, продуктов органического синтеза, бумаги, витаминов и др.).

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

- 1...500 мг/л;
- 500...5000 мг/л;
- 5000...30000 мг/л;
- более мг/л.

Производственные сточные воды могут различаться по физическим свойствам загрязняющих их органических продуктов (например, по температуре кипения: менее 120, 120...250 и более 250 °С).

По степени агрессивности эти воды разделяют на:

- слабоагрессивные (слабокислые с $\text{pH} = 6...6,5$ и слабощелочные с $\text{pH} = 8...9$),
- сильноагрессивные (сильнокислые с $\text{pH} < 6$ и сильнощелочные с $\text{pH} > 9$)
- неагрессивные (с $\text{pH} = 6,5...8$).

Незагрязненные производственные сточные воды поступают от холодильных, компрессорных, теплообменных аппаратов. Кроме

того, они образуются при охлаждении основного производственного оборудования и продуктов производства.

На различных предприятиях, даже при одинаковых технологических процессах, состав производственных сточных вод, режим водоотведения и удельный расход на единицу выпускаемой продукции весьма разнообразны.

Наиболее часто встречающиеся загрязнения промышленных сточных вод следующие:

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

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

Большое значение в формировании состава производственных сточных вод имеет вид перерабатываемого сырья. Так, например, основным загрязняющим компонентом сточных вод на нефтеперерабатывающих и нефтедобывающих предприятиях является нефть; на рудообогатительных фабриках – руда; на мясокомбинатах – отходы мяса, непереваренная пища животных; на бумажных фабриках – целлюлозные волокна; на фабриках первичной обработки шерсти – жир, шерсть и т.д. Состав сточных вод зависит также от технологического процесса производства, применяемых компонентов, промежуточных изделий и продуктов, выпускаемой продукции, состава исходной свежей воды, местных условий и др.

Машиностроительные заводы характеризуются наличием ряда водоемких производственных процессов, а, следовательно, и образованием значительного количества производственных сточных вод, которые в основном загрязняются отходами травильных и гальванических цехов и нефтепродуктами.

Промывные воды в значительных количествах образуются в химической технологии, технологии обработки металлов, при промывке осадков, покрытий и в ряде других случаев. Промывка выступает как завершающая стадия в технологических процессах и непосредственно приводит к образованию сточных вод.

В металлургической и машиностроительной промышленности сточные воды травильных ванн, особенно грязные и в неочищенном состоянии, не могут быть сброшены в городскую канализационную сеть либо в водохранилища. Выбор соответствующего метода очистки сточных вод травильных отделений зависит, прежде всего, от количества и категории сточных вод, а также от локальных условий их отвода к сборному резервуару.

1.3 Методы контроля состава сточных вод промышленных предприятий

В воде хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения нормируются:

- *цвет;*
- *запах;*
- *прозрачность;*
- *кислотность;*
- *щелочность;*
- *сухой остаток;*
- *pH;*
- *содержание азота;*
- *окисляемость;*
- *биохимическая потребность в кислороде (БПК);*
- *содержание растворенного кислорода, хлоридов, свободного хлора, фосфатов, фторидов;*
- *жесткость.*

Все эти параметры контролируются и в технологических и сточных водах. Однако в них нередко приходится определять и специфические компоненты, характерные для конкретных проб и связанные с особенностями производства (например, содержание тяжелых металлов, цианидов, фенолов).

Для анализа вод применяют следующие методы:

- *химические;*
- *физико-химические;*
- *бактериологические.*

Определение органолептических свойств вод 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 ее воду называют бесцветной.

Количественно цветность воды определяют методом колориметрии, сравнивая ее со шкалой эталонов, имитирующих эту цветность.

Запах

При оценке запаха сначала дают его качественную характеристику (болотный, землистый, гнилостный, рыбный, ароматический), затем оценивают запах воды по пятибалльной системе. 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 неполном удалении использованных при очистке реагентов (например, хлора).

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 выполняют 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 характеризует количество загрязняющих веществ, присутствующих в воде во взвешенном и коллоидном состоянии.

Мутность

Наличие в воде мути объясняется недостаточной степенью удаления грубодиспергированных неорганических и органических примесей. Мутность можно определить гравиметрическим методом, отделив взвеси фильтрованием через плотный фильтр.

Сухой остаток

Сухой остаток характеризует количество нелетучих веществ, содержащихся в сточных водах. Его выделяют выпариванием взятого объема анализируемой воды и определяют гравиметрическим методом. Потери при прокаливании осадка позволяют установить содер-

жание органических веществ, находящихся в воде во взвешенном состоянии; разность между массой сухого осадка и потерями при прокаливании соответствует общей массе содержащихся в воде минеральных примесей.

Кислотность

Кислотность воды обусловлена присутствием в ней свободной угольной кислоты, а также 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

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

Степень кислотности или щелочности 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.

Азот

При анализе сточных вод определяют содержание азота аммонийного (NH_4^+) и азота нитритов и нитратов (NO_2^- , NO_3^-).

Обычно концентрацию NH_4^+ , NO_2^- и NO_3^- определяют колориметрическим методом, основанным на реакции этих ионов с соответствующими реактивами с образованием окрашенных соединений и с последующим определением интенсивности окраски на фотоколориметре.

Окисляемость

Окисляемость воды обусловлена наличием в ней органических веществ и легко окисляющихся неорганических соединений (Fe^{2+} , сульфитов, нитритов, сероводорода и др.) и выражается массой кислорода, потраченного на окисление органических веществ, содер-

жащихся в 1 л воды ($\text{мг O}_2 \cdot \text{л}^{-1}$). При ее определении в качестве окислителя органических веществ применяют KMnO_4 (перманганатная окисляемость).

Химическая потребность в кислороде (ХПК) (дихроматная окисляемость)

ХПК дает представление о содержании в анализируемой воде органических веществ, способных к окислению сильными окислителями, и определяется титриметрически с использованием в качестве окислителя дихромата калия.

Биохимическая потребность в кислороде (БПК)

БПК – показатель, используемый для характеристики степени загрязнения сточных вод органическими примесями, способными разлагаться микроорганизмами с потреблением кислорода. БПК показывает, какое количество кислорода ($\text{мг} \cdot \text{л}^{-1}$) расходуется аэробными микроорганизмами на окисление органических примесей. Полное биохимическое окисление органических веществ в воде требует длительного времени. В лабораторных условиях обычно определяют биохимическое потребление кислорода за 5 суток, или БПК₅ (стандартное БПК). Сущность метода сводится к тому, что в анализируемой воде определяют содержание растворенного кислорода до и после термостатирования. Определение проводят йодометрическим методом.

Жесткость

Важнейшим показателем качества воды является жесткость – содержание в ней хлоридов, сульфатов и гидрокарбонатов кальция и магния. Различают *карбонатную* жесткость, обусловленную присутствием в воде гидрокарбонатов кальция и магния, и *некарбонатную*, вызываемую присутствием в воде хлоридов и сульфатов кальция и магния. Суммарное содержание в воде всех солей кальция и магния составляет *общую жесткость*, которую определяют комплексонометрическим методом. Карбонатную определяют титрованием соляной кислотой в присутствии метилового оранжевого, некарбонатную – по разности результатов этих определений.

Наряду с перечисленными выше показателями в 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 коммунально-бытовые стоки морских вод или промышленных сточных вод. Опре-

деление концентрации хлоридов позволяет контролировать постоянство солевого состава сточной воды. В процессе очистки ее солевой состав практически не меняется, а 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.

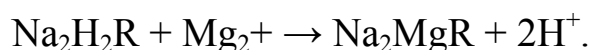
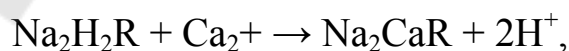
Для нормального функционирования биохимической очистки требуется, чтобы содержание фосфатов в сточных водах было не ниже $3 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ в пересчете на P_2O_5 , так как фосфор необходим для микроорганизмов. Определение фосфатов в сточных водах позволяет корректировать содержание фосфора и при необходимости дополнительно подавать необходимое количество его соединений на сооружения биологической очистки.

Контроль работы очистных сооружений и качества очищенных 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 успешного контроля их содержания в сточных водах все чаще находят применение современные физикохимические методы анализа, в том числе хроматография, включая газовую, жидкостную и тонкослойную; полярография; электрохимические методы анализа; ионометрия; колориметрия; люминесцентный анализ.

2 Порядок выполнения работы

2.1 Определение общей жесткости воды трилонометрическим методом

Ионы кальция и магния образуют прочные соединения с Трилоном Б (двуназиевой солью этилендиаминтетрауксусной кислоты):



Индикаторами при этом методе служат азокрасители: хромоген черный или кислотный хром темно-синий, образующие с ионами кальция и магния соединения, окрашенные иначе, чем сам краситель. Например, водный раствор хромогена черного имеет синюю окраску

с зеленоватым оттенком, соединение индикатора с ионами кальция и магния – вишнево-красную. Произведение растворимости (ПР) кальциевой (магниевой) соли индикатора ниже ПР кальциевого (магниевого) соединения Трилона Б, поэтому при добавлении Трилона Б в воду, окрашенную индикатором хромоген черный в вишнево-красный цвет, должен наступить момент, когда окраска перейдет в синий с зеленоватым оттенком цвет. Это будет соответствовать точке эквивалентности, т.е. завершению реакции обмена между ионами кальция (магния) индикатора на ионы натрия Трилона Б.

Титрование Трилоном Б протекает нормально при $\text{pH} \sim 10 \dots 11$, поэтому в испытуемый водный раствор до титрования Трилоном Б следует ввести соответствующий буферный раствор для поддержания постоянства pH .

Ход выполнения работы:

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы и законспектировать ее в отчет по работе.
2. Получить у учебного мастера необходимое лабораторное оборудование, посуду и реактивы.
3. Под руководством преподавателя и учебного мастера выполнить следующий эксперимент:

в коническую колбочку отобрать необходимое количество испытуемой воды (100 мл, 50 мл или 25 мл в зависимости от предлагаемой жесткости воды), прилить 5 мл аммиачного буферного раствора, 5...7 капель индикатора и эту смесь медленно титровать раствором Трилона Б до перехода цвета раствора к синему. Опыт повторить 2...3 раза и взять среднее значение количества мл Трилона Б, пошедшего на титрование.

Вычислить жесткость (Ж) в $\text{ммоль} \cdot \text{л}^{-1}$ по формуле:

$$50 \cdot V_1 \cdot K \quad (3)$$

где V_1 – объем раствора Трилона Б, израсходованный на титрование пробы воды, мл;

K – поправочный коэффициент для Трилона Б (для приведения к 0,05 н);

V_2 – объем воды, взятой для анализа, мл.

4. Оценить качество исследуемой воды по показателю жесткости.

2.2 Качественный анализ сточных вод

Прежде чем приступить к анализу раствора, необходимо внимательно рассмотреть его окраску, а затем определить pH. По окраске можно сделать предварительный вывод о присутствии некоторых ионов, имеющих окраску, например: Cu^{2+} (синий), Cr^{3+} (зеленый или фиолетовый), Ni^{2+} (зеленый), Co^{2+} (розовый), MnO_4^- (фиолетовый), CrO_4^{2-} (желтый), $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (оранжевый), Fe^{3+} (желтый) и др.

В кислом растворе при pH меньше 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_3^{2-} , SO_3^{2-} , $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$, S^{2-} , в таком растворе нет.

Щелочная реакция исследуемого раствора, т.е. pH больше 7, исключает возможность присутствия в растворе катионов слабых оснований, образующих малорастворимые не амфотерные гидроксиды, например, Al^{3+} , Co^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} , Zn^{2+} . Нейтральный раствор может содержать соли, образованные одинаковыми по силе кислотами и основаниями, например, Na_2SO_4 , KNO_3 , $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ и др.

После проведения предварительных испытаний следует выполнить непосредственное обнаружение катионов и анионов. Для этого необходимо получить у учебного мастера модельные образцы сточных вод, которые содержат небольшое число ионов. В целях экономии времени анализ необходимо проводить дробным методом, используя для обнаружения предложенные преподавателем в зависимости от модельных образцов сточных вод качественные реакции. Анализ следует проводить непосредственно в отдельных порциях анализируемого раствора в присутствии анионов и катионов других элементов. Порядок обнаружения отдельных ионов не имеет при этом значения.

Результаты опыта по качественному анализу сточной воды занесите в таблицу 3 и оцените степень возможного воздействия анализируемых сточных вод на водные объекты.

Таблица 3 – Результаты опыта по качественному анализу сточ-

НОЙ ВОДЫ

Определяемый ион	Уравнение реакции	Условия проведения реакции	Ожидаемый эффект	Наблюдения	Вывод

3 Контрольные вопросы

1. Какие показатели используются для оценки качества воды и состояния водных экосистем?

2. Как в РБ осуществляется контроль за уровнем загрязненности поверхностных вод суши?

3. Почему системы ПДК загрязняющих веществ не дают полного представления о состоянии природных вод и не являются достаточной гарантией их охраны от загрязнения?

4. В чем суть интегральной оценки качества воды?

5. Что оценивается индексом загрязнения воды?

6. Как осуществляется нормирование сбросов загрязняющих веществ в окружающую природную среду?

7. Какие воды называются производственными сточными водами и как они классифицируются?

8. Какие загрязнения промышленных сточных вод наиболее часто встречающиеся?

9. Какой состав сточных вод характерен для различных производств?

10. Какие показатели нормируются в воде хозяйственно-питьевого и промышленного водоснабжения?

11. Какие методы применяют для анализа вод?

12. Как осуществляется определение органолептических свойств вод?

13. От чего зависит жесткость воды?

14. Какие принципы используются при выборе того или иного метода анализа объектов окружающей среды?

15. Как выполняется качественный анализ сточных вод?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И НОРМИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В АТМОСФЕРУ

Цель работы: ознакомление с составом загрязнений атмосферного воздуха различными производствами, возможными методами контроля и нормирования загрязнений.

1 Теоретические сведения

1.1 Показатели качества атмосферного воздуха

Качество окружающей среды – состояние естественных и преобразованных человеком экологических систем, сохраняющее их способность к постоянному обмену веществ и энергии, воспроизводству жизни.

Качественной оценкой окружающей среды являются характеристики отдельных компонентов биосферы: воздуха, воды, почвы и т.д. В качестве критерия оценки разработана система стандартов.

Стандарты качества окружающей природной среды – единые требования и нормативы, предъявляемые к состоянию окружающей среды и деятельности производственно-хозяйственных объектов. Данные требования составлены на основе современного уровня научно-технических процессов, соотношения экологических и экономических интересов.

Основными показателями качества атмосферного воздуха, характеризующими воздействие на природную среду, являются:

- **критические нагрузки** (потоки массы загрязняющих веществ в единицу времени в объект окружающей среды);
- **критические уровни концентрации загрязняющих веществ** (максимальные значения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе), которые не приводят к вредным воздействиям на структуры и функции экосистем в долговременном плане.

Основные критерии опасности загрязнения воздуха основаны на санитарно-гигиеническом нормативе **Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ (ПДК)**.

Анализ динамики состояния атмосферного воздуха осуществляется на основе трех показателей:

- *наибольшая повторяемость* (НП) (в процентах) превышения ПДК любого вещества;
- *стандартный индекс загрязнения* (СИ) – наибольшая измеренная концентрация примеси, деленная на ПДК;
- *суммарный индекс загрязнения атмосферы* (ИЗА), который рассчитывается по пяти наиболее распространенным вредным веществам (пыли, диоксиду серы, оксиду углерода, диоксиду азота и формальдегиду) с учетом их класса опасности, стандарта качества и средних уровней загрязнения воздуха.

1.2 Гигиеническое нормирование загрязнений атмосферы

С целью установления обоснованных предельно допустимых нормативов воздействия на атмосферный воздух, гарантирующих безопасность здоровью населения и окружающей среде, проводится **нормирование качества атмосферного воздуха**, которое является основным способом охраны атмосферного воздуха от неблагоприятных последствий антропогенной деятельности.

Нормирование качества атмосферного воздуха – установление нормативов предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, нормативов допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферный воздух, нормативов предельно допустимых уровней (ПДУ) физических воздействий на атмосферный воздух, а также нормативов предельно допустимых концентраций биологических веществ в атмосферном воздухе.

Нормативы предельно допустимых вредных воздействий на атмосферный воздух, а также методы их определения утверждаются органами, осуществляющими государственный контроль в области охраны атмосферного воздуха, и совершенствуются по мере развития науки и техники с учетом международных правил и стандартов. При нарушении нормативов качества атмосферного воздуха деятельность субъектов, осуществляющих выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух, может быть ограничена или приостановлена по предписанию органов, осуществляющих государственный контроль в области охраны атмосферного воздуха.

Для достижения и сохранения благоприятного качества атмосферного воздуха устанавливаются **нормативы качества атмосферного воздуха**, к которым в соответствии со ст. 20 Закона “Об охране атмосферного воздуха” относятся:

- нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (ориентировочно безопасных уровней воздействия – ОБУВ) и уровней вредных физических и иных воздействий на него;
- нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферный воздух и вредных физических и иных воздействий на него;
- нормативы предельных объемов образования загрязняющих веществ при эксплуатации технологического и другого оборудования, сооружений и объектов;
- нормативы потребления атмосферного воздуха для производственных нужд;
- нормативы содержания загрязняющих веществ в отработанных газах и вредных физических и иных воздействий передвижных источников на атмосферный воздух;
- нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

Предельно допустимая концентрация – такое содержание вредного вещества в атмосферном воздухе, которое при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияет на здоровье человека и не вызывает неблагоприятных последствий у его потомства.

ПДК является основной величиной экологического нормирования содержания вредных веществ в атмосферном воздухе. При определении ПДК учитывается не только влияние загрязняющего вещества на здоровье человека, но и его воздействие на животных, растения, микроорганизмы, а также на природные сообщества в целом.

Таким образом, высшим показателем является **экологическая предельно допустимая концентрация вещества** – пороговая концентрация, превышение которой приводит к отрицательным последствиям для экосистемы в целом.

Для санитарной оценки воздушной среды используется несколько видов предельно допустимых концентраций вредных веществ:

- ПДК для рабочей зоны;

- *максимально-разовая ПДК*;
- *среднесуточная ПДК*, которые установлены на основе рефлекторных реакций организма человека на присутствие в воздухе токсичных веществ.

ПДК_{р.з.} – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны. Эта концентрация не должна вызывать у работающих при ежедневном вдыхании в течение 8 часов за все время рабочего стажа каких-либо заболеваний или отклонений от нормы в состоянии здоровья, которые могли бы быть обнаружены современными методами исследования непосредственно во время работы или в отдаленные сроки.

ПДК_{м.р.} – максимальная разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, которая не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК_{с.с.} – среднесуточная предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест. Эта концентрация вредного вещества не должна оказывать прямого или косвенного, вредного воздействия на организм человека в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

В настоящее время действуют ПДК вредных газов, паров и аэрозолей в воздухе рабочей зоны, установленные для 445 загрязняющих веществ, и ПДК вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест, включающие 109 загрязняющих веществ.

Многие токсичные вещества обладают эффектом суммированного действия, т.е. их смеси оказывают более токсичное воздействие на живые организмы, чем отдельные компоненты. Это можно сказать о смесях ацетона и ацетофенона; триоксида и диоксида серы и оксидов азота; сильных минеральных кислот (HCl, HNO₃, H₂SO₄); валериановой, капроновой и масляной кислот; диоксида серы и фтороводорода; диоксида серы и фенола и многих других.

В этом случае необходимо учитывать совместное воздействие примесей на человека и окружающую среду.

Качество окружающей среды будет соответствовать установленным нормативам при условии, что:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1.$$

где C_1, C_2, \dots, C_n – концентрации вредных веществ, обладающих эффектом суммации;

$ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$ – предельно допустимые концентрации соответствующих загрязнений.

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе устанавливаются, как правило, экспериментально, с использованием подопытных животных.

Показатель **ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ)** – временный гигиенический норматив для загрязняющего атмосферу вещества, установленный расчетным методом для проектируемых промышленных объектов.

ОБУВ используется в случаях неустановления ПДК на присутствие примесей в атмосферном воздухе в рабочей зоне. ОБУВ устанавливается временно для химических веществ в $мг/м^3$, на которые ПДК не определены и оговариваются условия их применения в каждом отдельном случае. ОБУВ должны пересматриваться через каждые 2 года с учетом накопленных данных о здоровье работающих или заменяться ПДК.

Нормативы ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе (ОБУВ) и уровней вредных физических и иных воздействий на него, гарантирующие безопасность здоровью людей и окружающей среде, устанавливаются для оценки состояния атмосферного воздуха и являются едиными для всей территории Республики Беларусь. В случае необходимости, органами, осуществляющими государственный санитарный надзор, для отдельных районов могут устанавливаться более жесткие нормативы ОБУВ и уровней вредных физических и иных воздействий на него. Указанные нормативы и методы их определения утверждаются и вводятся в действие республиканским органом, осуществляющим государственный санитарный надзор, в порядке, установленном законодательством РБ.

Производственно-хозяйственные стандарты качества окружающей среды определяют предельно допустимые параметры производственно-хозяйственной деятельности конкретных объектов с точки зрения экологической защиты природной среды. К ним относятся нормативы **предельно допустимых выбросов (ПДВ)** вредных веществ, химических и биологических воздействий и др.

На основе ПДК разрабатывается научно-технический экологический норматив **ПДВ** (г/с, г/ч) – показатель, при котором обеспечивается соблюдение гигиенических нормативов в воздухе населенных мест в случае наиболее неблагоприятных для рассеивания условий.

ПДВ – это объем (количество) загрязняющего вещества, выбрасываемого отдельным источником за единицу времени, превышение которого ведет к превышению ПДК в среде, окружающей источник загрязнения, и, как следствие, к неблагоприятным последствиям в окружающей среде и риску для здоровья людей.

ПДВ определяется расчетным путем на 5 лет. Этот норматив устанавливается для разовых выбросов и определяется индивидуально для каждого источника загрязнения с таким расчетом, чтобы совокупное воздействие на атмосферный воздух всех источников в данном районе не приводило к превышению ПДК.

Для оценки экологической безопасности различных источников вредного воздействия на атмосферный воздух проводится **нормирование вредных воздействий на атмосферный воздух**.

Нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферный воздух и других вредных воздействий на него устанавливаются:

- для каждого стационарного источника выбросов, за исключением источников загрязнения атмосферного воздуха, которым не устанавливаются нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферный воздух, по перечню, установленному Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь;
- для различных технологических процессов, технологического и другого оборудования, сооружений и объектов;
- для каждого типа передвижных источников, производимых и (или) эксплуатируемых на территории Республики Беларусь.

Данные нормативы, методы их определения и виды источников, для которых они разрабатываются, утверждаются Министерством природных ресурсов и охраны окружающей среды или его территориальными органами в пределах их полномочий. Так, нормативы ПДВ загрязняющих веществ в атмосферный воздух устанавливаются на уровне, при котором выбросы загрязняющих веществ и вредные физические и иные воздействия от конкретного и всех других источников в данном районе с учетом перспективы его развития не приведут к превышению нормативов ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и ПДУ вредных физических и иных воздействий на него.

Инвентаризацию выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух проводят юридические лица и индивидуальные предприниматели, в процессе деятельности которых осуществляются выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников выбросов более 0,001 тонны в год. При проведении инвентаризации природопользователь обязан выявить и учесть все поступающие в атмосферный воздух загрязняющие вещества от всех стационарных источников выделений и выбросов; возможные источники выделений и выбросов, организованные и неорганизованные, в том числе резервные и неработающие, а также передвижные источники.

1.3 Контроль состояния атмосферного воздуха

Охрана атмосферного воздуха представляет собой совокупность организационных, экономических, технических, правовых и иных мероприятий, направленных на предотвращение загрязнения атмосферного воздуха.

При разработке мероприятий по снижению загрязнения атмосферы промышленными выбросами необходимо учитывать: взаимодействие всех выбросов (технологических и вентиляционных, организованных и неорганизованных и др.); фон загрязнения, создаваемый соседними предприятиями; природно-климатические и атмосферные условия; рельеф местности и условия проветривания, связанные с планировкой и застройкой площадки; перспективу развития предприятия или промышленного узла.

Основные меры охраны атмосферного воздуха:

- нормирование качества атмосферного воздуха;
- установление экологических требований по охране атмосферного воздуха при проектировании, строительстве, реконструкции, вводе объектов в эксплуатацию, эксплуатации таких объектов;
- государственный контроль в области охраны атмосферного воздуха;
- государственная экологическая экспертиза проектируемых, строящихся и реконструируемых предприятий, сооружений и других объектов, эксплуатация которых может повлиять на состояние атмосферного воздуха;
- мониторинг атмосферного воздуха;

- государственный учет вредных воздействий на атмосферный воздух;
- взимание налога за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух.

1.4 Загрязнение атмосферы выбросами машиностроительных предприятий

Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха являются промышленные предприятия, транспорт, энергетические системы. Их относительное участие в загрязнении атмосферы распределяется следующим образом, %: теплоэнергетика – 27,0; черная металлургия – 24,3; цветная металлургия – 10,5; нефтедобыча и нефтехимия – 15,5; транспорт – 13,3; стройиндустрия – 8,1; химическая промышленность – 1,3.

Наибольший удельный вес загрязнений атмосферного воздуха приходится на долю оксидов углерода, серы и азота, углеводородов и промышленной пыли. В атмосферу ежегодно выбрасывается 250 млн т пыли, 200 млн т оксида углерода, 150 млн т диоксида серы, 50 млн т оксидов азота, более 50 млн т различных углеводородов и 20 млрд т диоксида углерода.

Загрязнения в атмосферу могут поступать непрерывно или периодически, залпами или мгновенно. В случае залповых выбросов за короткое время в воздух выделяется большое количество вредных веществ. Залповые выбросы возможны при авариях или сжигании быстро горящих отходов производства на специальных площадках уничтожения. При мгновенных выбросах загрязнения выбрасываются в доли секунды иногда на значительную высоту, что происходит при взрывных работах и авариях.

Организованный промышленный выброс – это выброс, поступающий в атмосферу через специально сооруженные газоотводы, воздухопроводы, трубы.

Организованные выбросы на предприятиях могут быть:

- *технологическими* (выбросы при технологических процессах, выбросы при продувке оборудования, труб ТЭС, котельных);
- *вентиляционными* (выбросы общеобменной и местной вытяжной вентиляции).

Неорганизованный – промышленный выброс, поступающий в атмосферу в виде ненаправленных потоков газа в результате наруше-

ний герметичности оборудования, отсутствия или неудовлетворительной работы оборудования по отсосу газа в местах загрузки, выгрузки и хранения продукта.

В атмосферу с отходящими газами поступают твердые, жидкие, паро- и газообразные неорганические и органические вещества, поэтому **по агрегатному состоянию загрязнения подразделяют на твердые, жидкие, газообразные и смешанные.**

Отходящие газы промышленности, содержащие взвешенные твердые или жидкие частицы, представляют собой двухфазные системы. Сплошной фазой в системе являются газы, а дисперсионной – твердые частицы или капельки жидкости.

Промышленное производство – источник различного вида загрязнений окружающей среды. Вид, количество и состав загрязнений определяются производственным процессом, используемым сырьем, материалами и масштабами производства.

Основными производствами машиностроительного комплекса являются литейное, сварочное, прокатное, электрохимическая и механическая обработка металлов.

В литейном производстве атмосферный воздух загрязняется, главным образом, пылью, оксидом углерода и сероуглеродом. Кроме того, в состав вентиляционных выбросов могут входить аммиак, формальдегид, фенол, углеводороды и др.

Применение в **термических цехах** химических веществ (СО, СО₂, NH₃, Рb, масла, горючие газы, цианиды) создает возможность поступления в воздух как самих перечисленных веществ, так и продуктов их термической деструкции.

Почти все технологические процессы **в цехах металлопокрытий** являются источниками выделения в воздушную среду вредных веществ. Нагретые травильные и гальванические растворы интенсивно испаряются, выделяя цианиды, оксиды азота, серный ангидрид (SO₃), хлористый водород, хромовый ангидрид (CrO₃), пары кислот и щелочей.

Разнообразные загрязнения поступают в атмосферу **при сварке и пайке**. Сварка электродами сопровождается выделением паров оксидов железа и цинка, аэрозолей марганца, кремния и меди, фторидов и оксидов азота. При ручной и автоматической плазменной сварке в воздухе присутствуют оксиды меди, железа, алюминия, магния, хро-

мовый ангидрид, оксиды азота, соединения марганца и фтора.

При пайке с использованием припоев и флюсов в атмосферу поступают аэрозоли свинца, продукты сгорания изоляции проводов и флюсов.

При работе металлорежущего оборудования воздух загрязняется пылью, вредными газами, аэрозолями масел и смазочно-охлаждающих жидкостей. Пыль представляет собой конденсат оксидов металлов, размер частиц которых не превышает 2 мкм. При резке обычно выделяются токсичные соединения хрома и никеля, марганца, оксиды углерода, оксиды азота, а при плазменной резке образуется еще и озон.

Для снижения загрязнения атмосферы промышленными выбросами совершенствуют технологические процессы, осуществляют герметизацию технологического оборудования, применяют пневмотранспорт, строят различные очистные сооружения.

Наиболее эффективным направлением снижения выбросов является создание безотходных технологических процессов.

1.5 Методы контроля и приборы для измерения концентраций пыле- и газообразных примесей в атмосфере

Контроль за содержанием вредных веществ в атмосферном воздухе позволяет оценить эффективность работы пылеочистного оборудования, предусматривает необходимую степень очистки и совершенствование технологии производства для снижения концентрации вредных веществ в отходящих газах. Интервал возможных концентраций загрязнений может изменяться от 10^{-8} до 10^{-5} мг/м³, а полидисперсные системы характеризуются, как правило, еще и широким спектром размеров частиц от 10^{-2} до 10^3 мкм, что исключает возможность создания универсального метода измерения концентраций атмосферных загрязнений.

Контроль концентрации пыли

При анализе запыленности воздуха предпочтение отдают методам, основанным на предварительном осаждении пыли. К недостаткам этих методов следует отнести циклический характер измерения, высокую трудоемкость и низкую чувствительность анализа. Наиболее часто применяют гравитационный, радиоизотопный и оптические методы.

Контроль концентраций газо- и парообразных примесей

Методы контроля газовых примесей можно разделить на:

- *оптические;*
- *электрохимические;*
- *термохимические;*
- *хроматографические* и др.

Анализ газового состава атмосферного воздуха производится с помощью **газоанализаторов**, позволяющих осуществлять мгновенный и непрерывный контроль содержания в нем вредных примесей. 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 пропорциональна концентрации исследуемого вещества. Например, газовый анализатор УГ-2 позволяет определить концентрацию 16-ти различных газов и паров, причем погрешность измерения не превышает $\pm 10\%$.

Для постоянного контроля состояния воздушной среды наибольшее применение нашли автоматические приборы, непрерывно регистрирующие концентрации анализируемого компонента.

Принцип действия **оптических газоанализаторов** основан на избирательном поглощении газами лучистой энергии в инфракрасной, ультрафиолетовой или видимой областях спектра. К приборам, работающим в инфракрасной области, относятся оптико-акустические газоанализаторы. Обычно они применяются для определения оксида и диоксида углерода, а также метана. Приборы, в которых газы поглощают в ультрафиолетовой области спектра, применяют для обнаружения паров ртути, карбонита никеля, озона и некоторых других газов.

Большое распространение получили **фотоколориметрические газоанализаторы**, действие которых основано на поглощении в видимой области спектра растворами или индикаторными лентами, имеющими свою окраску при взаимодействии с определенным газовым компонентом.

Электрические газоанализаторы подразделяются на *кондук-*

тометрические и кулонометрические.

В основу принципа действия **кондуктометрических приборов** положено поглощение анализируемого компонента газовой смеси соответствующим раствором и измерение его электропроводности. Такие газоанализаторы применяются для определения концентрации сероводорода, сернистого ангидрида, аммиака, оксида и диоксида углерода.

В **кулонометрических газоанализаторах** электрохимическая реакция протекает в ячейке между анализируемым газом и электролитом, в результате чего во внешней цепи появляется электродвижущая сила, пропорциональная концентрации определяемого компонента воздуха. Этим методом можно измерить содержание в атмосфере SO_3 , H_2S , NO_2 , O_3 , HF , HCl и др.

При **хроматографических методах анализа** происходит разделение газовой смеси сорбционными методами в динамических условиях. Разделение происходит в результате поглощения газовых компонентов на активных центрах адсорбции. Ввиду различия физических свойств отдельных составляющих газовой смеси, они продвигаются по хроматографической колонке с разной скоростью, что позволяет раздельно фиксировать их на выходе. С помощью хроматографии можно проводить качественный и количественный анализ органических и неорганических примесей воздуха с чувствительностью до $10^{-9} \dots 10^{-12} \%$.

Хроматографический метод успешно используется для определения содержания SO_2 , H_2S , меркаптанов, выхлопных газов автомобилей и обнаружения следов металлов в атмосфере (селена, теллура, ртути, мышьяка и др.).

2 Порядок выполнения работы

1. Изучить теоретическую часть лабораторной работы и законспектировать ее в отчет по работе.
2. Получить у учебного мастера газоанализатор и инструкцию по его использованию.
3. Под руководством преподавателя и учебного мастера изучить конструкцию и принцип действия прибора.
4. Получить у учебного мастера пробы газов для анализа.
5. Под руководством преподавателя и учебного мастера провести анализ проб газов с помощью газоанализатора и записать результаты замеров в таблицу, форма которой представлена на рисунке 1.

6. Для исследуемых газов определить ПДК, воспользовавшись данными таблицы 4.
7. Сделать вывод о проделанной работе.

Номер пробы газа и наименование газа (вещества)	Измеренная концентрация газа, мг/м ³	ПДК, мг/м ³
1.		
2.		
n.		

Рисунок 1 – Форма таблицы для оформления результатов замеров

Таблица 4 – Предельно-допустимые концентрации некоторых веществ

Вещество	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
	максимально разовая	среднесуточная	
NO ₂	0,085	0,085	2
NH ₃	0,2	0,2	4
SO ₂	0,5	0,05	2
HCl	0,2	0,2	4
H ₂ S	0,008	0,008	2
H ₂ SO ₄	0,3	0,1	4
CS ₂	0,03	0,05	2
CO	3,0	1,0	4
Фтористые соединения	0,035	0,003	2
Cl ₂	0,05	0,05	3
Hg (металл)	-	3·10 ⁻⁴	1
Pb	-	3·10 ⁻⁴	1
Бензапирен	-	10 ⁻⁶	1
Фенол	0,01	0,01	2

3 Контрольные вопросы

1. Что называется качеством окружающей среды?
2. Какие существуют основные показатели качества атмосферного воздуха?

3. На основе каких показателей осуществляется анализ динамики состояния атмосферного воздуха?
4. С какой целью проводится нормирование качества атмосферного воздуха?
5. Что такое нормирование качества атмосферного воздуха?
6. Кто утверждает нормативы предельно допустимых вредных воздействий на атмосферный воздух?
7. Какие нормативы качества атмосферного воздуха установлены ст. 20 Закона “Об охране атмосферного воздуха”?
8. Что называется предельно допустимой концентрацией вредных веществ?
9. Что является основной величиной экологического нормирования содержания вредных веществ в атмосферном воздухе?
10. Какой показатель является высшим показателем нормирования?
11. Какие виды предельно допустимых концентраций вредных веществ используются для санитарной оценки воздушной среды?
12. Охарактеризуйте ПДК для рабочей зоны.
13. Охарактеризуйте максимально-разовую ПДК.
14. Охарактеризуйте среднесуточную ПДК.
15. При каком условии качество окружающей среды будет соответствовать установленным нормативам?
16. Что называется показателем ориентировочно безопасных уровней воздействия?
17. Что показывает норматив ПДВ?
18. Для каких объектов хозяйственной деятельности устанавливаются нормативы ПДВ?
19. Что представляет собой охрана атмосферного воздуха?
20. Перечислите основные меры охраны атмосферного воздуха?
21. Что относится к основным источникам загрязнения атмосферного воздуха?
22. Какими способами загрязнения могут поступать в атмосферу?
23. Какие выбросы в атмосферу называются организованными?
24. Какие выбросы в атмосферу называются неорганизованными?
25. Охарактеризуйте различные производства машиностроительной отрасли с точки зрения выделения различного вида загрязнений окружающей среды?

26. Как осуществляется контроль концентрации пыли на производстве?
27. Как осуществляется контроль концентраций газо- и парообразных примесей?
28. Каков принцип работы универсального газоанализатора?
29. Каков принцип работы оптического газоанализатора?
30. Каков принцип работы фотоколориметрического газоанализатора?
31. Каков принцип работы электрического газоанализатора?
32. В чем заключается суть хроматографического метода анализа?

СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акимова, Т.А. Экология. Природа-Человек-Техника: учебник для вузов / Т.А. Акимова, А.П. Кузьмин, В.В. Хаскин. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 343 с.
2. Лабораторные работы по экологии: Учеб. пособие / Н.А. Амирханова [и др.]. – 2-е изд. перераб. и доп. – Уфа: Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т., 2002. – 187 с.
3. Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник / С.В. Белов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт; ИД Юрайт, 2011. – 680 с.
4. Гальперин, М.В. Экологические основы природопользования: учебник / М.В. Гальперин. – 2-е изд. – М.: Форум Инфра-М, 2007. – 255с.
5. Квашнин, И.М. Промышленные выбросы в атмосферу. Инженерные расчеты и инвентаризация / И.М. Квашнин. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. – 391 с.
6. Колесников, Е.Ю. Оценка воздействия на окружающую среду. Экспертиза безопасности: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры / Е.Ю. Колесников, Т.М. Колесникова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 469 с.
7. Оценка и регулирование качества окружающей природной среды. Учебное пособие для инженера-эколога. / Под ред. А.Ф. Порядина, А.Д. Хованского. – М.: НУМЦ Минприроды России, Издательский Дом “Прибой”, 1996. – 350 с.
8. Промышленная экология: учебное пособие / Под ред. В.В. Денисова. – Ростов н/Д: Феникс; М.: ИКЦ “МарТ”; Ростов н/Д: Издательский центр “МарТ”, 2009. – 720 с.
9. Семенова, И.В. Промышленная экология: учеб. пособие для студ. ВУЗов / И.В. Семенова. – М.: “Академия”, 2009. – 528 с.
10. Сметанин, В.И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления / В.И. Сметанин. – М.: Колосс, 2003. – 21 с.
11. Сорокопуд, А.Ф. Природоохранное оборудование и инженерная защита окружающей среды: учебное пособие / А.Ф. Сорокопуд. – Кемерово: Изд-во Кемер. технологич. инст-та пищ. пр-ти, 2005. – 62 с.

12. Экология и экономика природопользования: учебник / под ред. Э.В. Гирусова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ, 2007. – 592с.

СОДЕРЖАНИЕ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1	6
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ СБРОСОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ	6
1 Теоретические сведения	6
2 Порядок выполнения работы	19
3 Контрольные вопросы	22
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2	23
КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА И НОРМИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В АТМОСФЕРЕ	23
1 Теоретические сведения	23
2 Порядок выполнения работы	34
3 Контрольные вопросы	35
СПИСОК ЦИТИРУЕМОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	38

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Практикум
по выполнению лабораторных работ
для слушателей специальности переподготовки
1-59 01 01 «Охрана труда в машиностроении
и приборостроении»
заочной формы обучения**

Составитель Целуева Светлана Николаевна

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 05.04.19.

Рег. № 22Е.

<http://www.gstu.by>