

Министерство образования Республики Беларусь

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

Кафедра «Промышленная теплоэнергетика и экология»

Н. В. Овсянник, В. Г. Якимченко, Т. С. Юфанова

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

**по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 05 «Промышленная
теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая
эксплуатация энергооборудования организаций»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Гомель 2011

УДК 65.2(075.8)
ББК 65.01я73
О-34

*Рекомендовано к изданию научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 5 от 22.02.2011 г.)*

Рецензент: зав. каф. «Физика» ГГТУ им. П. О. Сухого д-р физ.-мат. наук, проф. *П. А. Хило*

Овсянник, Н. В.
О-34 Основы экологии : лаборатор. практикум по одним курсу для студентов специальностей 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» днев. и заоч. форм обучения / Н. В. Овсянник, В. Г. Якимченко, Т. С. Юфанова. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2011. – 20 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://lib.gstu.local>. – Загл. с титул. экрана.

ISBN 978-985-420-983-8.

Исследуются параметры кислотности, щелочности воды, дозировки коагулянта, рассеивания загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы, определения экономической эффективности водоохраных мероприятий.

Для студентов специальностей 1-43 01 05 «Промышленная теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» дневной и заочной форм обучения

**УДК 65.2(075.8)
ББК 65.01я73**

ISBN 978-985-420-983-8

© Овсянник Н. В., Якимченко В. Г.,
Юфанова Т. С., 2011
© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2011

Лабораторная работа № 1

Определение кислотности воды

Общие сведения

Кислотность воды выражается «водородным показателем» и обозначается через рН:

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+].$$

Если $[\text{H}^+] = 10^{-5}$ моль/л, то $\text{pH} = 5$; если $[\text{H}^+] = 10^{-9}$ моль/л, то $\text{pH} = 9$ и т. д.

Величина рН – один из важных показателей качества воды, по которому можно определить, щелочная вода или кислая. Классификацию воды можно представить так:

Кислая – $\text{pH} = 1-3$.

Слабокислая – $\text{pH} = 4-6,5$.

Нейтральная – $\text{pH} = 7$.

Слабощелочная – $\text{pH} = 7,5-10$.

Щелочная – $\text{pH} = 11-14$.

Для измерения рН существуют различные методы. Приблизительно реакцию раствора можно определить с помощью специальных реактивов, называемых индикаторами, окраска которых меняется в зависимости от концентрации ионов водорода. Наиболее распространенные индикаторы – метиловый оранжевый, метиловый красный, фенолфталеин.

Кислотность воды в данной работе определяется количеством щелочи, затраченной на титрование в присутствии индикатора метилоранжа.

Необходимые реактивы

1. Растворы щелочи 0,1н и 0,01н концентрации.
2. Индикаторы: 0,1%-й водный раствор метилоранжа и смешанный, состоящий из 0,125 г метилротата в 50 мл спирта и 0,085 г метиленового голубого в 50 мл спирта.

Выполнение опыта и вычисление результатов

В коническую колбу емкостью 250–300 мл отбирают мерным цилиндром 100 мл анализируемой воды, добавляют две капли раствора метилоранжа и титруют окрашенную в розовый цвет жидкость 0,1н раствором щелочи до чисто желтого цвета (сравнивают со свидетелем, в качестве которого служит другая колба, содержащая 100 мл

дистиллированной воды, 1 мл 0,1н раствора щелочи и две капли метилоранжа). Если кислотность меньше 0,5 мг-экв./кг, то пробу титруют 0,01н раствором щелочи. При этом можно применять смешанный индикатор.

Кислотность выражают обычно в миллиграмм-эквивалентах на килограмм. Формула расчета следующая:

$$A = \frac{a \cdot N \cdot 1000 \cdot k}{V}, \quad (1.1)$$

где A – величина кислотности, мг-экв./кг; a – расход щелочи на титрование, мл; N – нормальность раствора щелочи; k – поправочный коэффициент нормальности; V – объем воды, взятой на анализ, мл.

Если титрование выполнялось 0,1н раствором щелочи $k=1$, а для анализа было взято 100 мл воды, то $A = a$.

Результаты опытов записываются в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты опыта

Анализируемая вода	Кислотность воды, мг-экв./кг
1-я проба	A_1
2-я проба	A_2

Лабораторная работа № 2 Определение щелочности воды

Общие сведения

Общей щелочностью воды Щ_o называется выраженная в мг-экв./кг или мкг-экв./кг суммарная концентрация содержащихся в воде гидроксильных ионов OH^- , HCO_3^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , HSiO_3^- , SiO_2^{2-} и анионов некоторых слабых органических кислот (гуматов). Так как все перечисленные вещества реагируют с кислотой, то общая щелочность воды определяется количеством кислоты, затраченной на титрование в присутствии индикатора метилоранжа. В зависимости от типа анионов, обуславливающих щелочность, различают бикарбонатную щелочность $\text{Щ}_b(\text{HCO}_3^-)$, карбонатную $\text{Щ}_k(\text{CO}_3^{2-})$, силикатную $\text{Щ}_c(\text{HSiO}_3^-, \text{SiO}_3^{2-})$, гидратную $\text{Щ}_r(\text{OH}^-)$, фосфатную $\text{Щ}_ф(\text{H}_2\text{PO}_4^-, \text{HPO}_4^{2-}, \text{PO}_4^{3-})$:

$$\text{Щ}_o = \text{Щ}_b + \text{Щ}_k + \text{Щ}_c + \text{Щ}_ф + \text{Щ}_r.$$

В большинстве подводных вод концентрация бикарбонат-иона преобладает над концентрациями других анионов слабых кислот, поэтому общая щелочность обычно численно совпадает с концентрацией бикарбонатов, выраженной в мг-экв./кг (табл. 2.1).

Таблица 2.1

Щелочные компоненты различных вод

Воды	Компоненты щелочности
Природная	$\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; NaHCO_3 ; гуматы (реже)
Na-катионированная	NaHCO_3 ; гуматы
Питательная	NaHCO_3 ; Na_2CO_3 ; NaOH ; Na_3PO_4 и другие фосфаты; NH_3 ; N_2H_4 и гуматы
Котловая	NaOH ; Na_3PO_4 ; Na_2CO_3 ; Na_2SiO_3 ; гуматы
Конденсат пара	NH_3 ; N_2H_4 ; NaHCO_3 ; соли органических летучих кислот
Конденсат турбин	NH_3 ; $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$; $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$; NaHCO_3
Известкованная	$\text{Ca}(\text{OH})_2$; CaCO_3 ; гуматы (иногда); $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$

Необходимые реактивы

1. Раствор соляной или серной кислот 0,1н или 0,01н концентрации.
2. Индикаторы: 1%-й спиртовой раствор фенолфталеина (для определения гидратной щелочности) и 0,1%-й раствор метилоранжа. Для выполнения титрования при искусственном освещении удобно пользоваться смешанным индикатором.

Выполнение опыта и вычисление результатов

Для определения щелочности анализируемая вода должна быть предварительно освобождена от взвешенных веществ фильтрованием. Титрование ведут 0,1н раствором кислоты.

Для определения щелочности отбирают 100 мл воды в коническую колбу емкостью 250–300 мл, добавляют две-три капли спиртового раствора фенолфталеина и при появлении красного окрашивания (что указывает на наличие в воде гидратных ионов (OH^-)) титруют 0,1н раствором кислоты до обесцвечивания. После этого, отметив расход кислоты, вводят 3–4 капли метилоранжа и продолжают титровать до перехода окраски от желтой к оранжевой (не красной), вновь отмечают расход кислоты (общий, т. е. с самого начала титрования). В том случае, когда вода не окрасилась в красный или розовый цвет

после добавления фенолфталеина (т. е. в воде отсутствуют ионы (ОН⁻)), непосредственно за ним вводят две капли раствора метилоранжа и титруют до перехода окраски от желтой к оранжевой. Титрование ведут при интенсивном перемешивании воды, а кислоту добавляют по каплям.

Вычисление результатов. Общая щелочность воды в мг-экв./кг при титровании 0,1н раствором кислоты:

$$\text{Щ}_0 = \frac{0,1 \cdot A \cdot 1000 \cdot k}{V} = 100 \frac{A \cdot k}{V}, \text{ мг-экв./кг}, \quad (2.1)$$

где A – расход 0,1н кислоты, мл; 0,1 – содержание кислоты в 1 мл 0,1н раствора кислоты, мг-экв./кг; k – коэффициент децинормальности кислоты; V – объем воды, взятой для определения, мл.

Если $V = 100$ мл, $k = 1$, то

$$\text{Щ}_0 = \frac{A \cdot 1 \cdot 100}{100} = A, \text{ мг-экв./кг}, \quad (2.2)$$

т. е. щелочность равна расходу кислоты при титровании 100 мл воды 0,1н раствором кислоты.

Таблица 2.2

Результаты опыта

Анализируемая вода	Величина щелочности, мг-экв./кг	
	по индикатору фенофталеин	по индикатору метилоранж
1-я проба		
2-я проба		
3-я проба		

Лабораторная работа № 3 Определение дозы коагулянта при коагуляции воды

Общие сведения

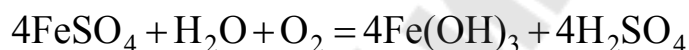
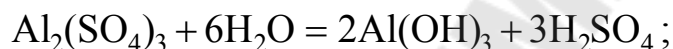
Коллоидные примеси нельзя удалить из воды путем естественного осаждения, т. к. их частицы имеют на своей поверхности отрицательные электрические заряды и, взаимно отталкиваясь, держатся во взвешенном состоянии. Нельзя удалить из воды коллоидные примеси и путем фильтрования через осветлительные фильтры, т. к. раз-

меры частиц (0,01–0,1 микрон) настолько малы, что они, не задерживаясь, проходят через фильтрующий слой.

Укрупнение коллоидных частиц до размеров, при которых они достаточно быстро осаждаются в отстойниках или задерживаются на фильтрах, достигается коагуляцией. Реагенты, способные при добавлении в воду вызывать коагуляцию естественных коллоидов, называются коагулянтами. При определенных значениях pH среды коллоидные частицы коагулянта слипаются с частицами мелкодисперсных и коллоидных загрязнений воды в крупные хлопья, выпадающие под действием силы тяжести и осадок.

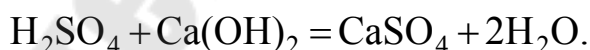
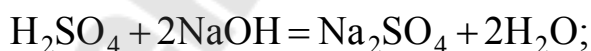
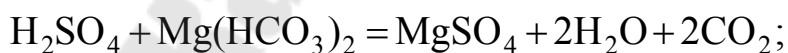
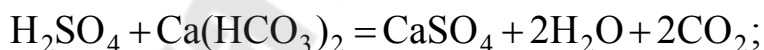
В качестве коагулянтов применяют сернокислый алюминий $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ и сернокислое железо $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в виде растворов, имеющих концентрацию 5–10 %.

В результате реакций гидролиза



образуются гидраты окиси алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$ и железа $\text{Fe}(\text{OH})_3$, обладающие свойством укрупнять взвешенные в воде частицы коллоидных примесей и осаждают их.

Образующаяся при гидролизе H_2SO_4 нейтрализуется $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, содержащимися в воде, а при их отсутствии или недостатке добавляемыми в воду NaOH , Na_2CO_3 или $\text{Ca}(\text{OH})_2$ по реакциям:



Наилучший эффект коагуляции сернокислым алюминием получается при $\text{pH} = 6,5\text{--}7,5$, а сернокислым железом – при $\text{pH} = 8\text{--}10$.

Установлено, что, применяя коагуляцию, можно удалить из воды 60–80 % органических веществ и 25–50 % кремниевой кислоты, находящихся в коллоидном состоянии.

Правильно выбранная доза коагулянта имеет большое значение для нормального протекания процесса коагуляции воды. Оптимальная доза коагулянта не может быть определена расчетным путем, поэтому для ее установления выполняются лабораторные опыты.

Для природных вод оптимальная доза коагулянта составляет обычно для сернокислого алюминия $Al_2(SO_4)_3$ от 0,2 до 1,2 мг-экв./л, т. е. примерно 20–120 мг/л.

Порядок выполнения опыта

Определяют общую щелочность исходной воды. Если она окажется больше 1 мг-экв./кг, то опыты проводят с применением одного только коагулянта. В противном случае добавляют и раствор щелочи.

Необходимую дозировку реагентов определяют в следующей последовательности:

1. Приготавливают 5–7 штук цилиндров или колб емкостью 500 мл.
2. Обрабатываемую воду подогревают до 30–40 °С и наливают в цилиндр или колбы.

3. Дозировку коагулянта находят следующим образом:

В ряд цилиндров с подогретой в одной из бюретки вводят 1%-й раствор $Al_2(SO_4)_3$: в первый цилиндр – 2 мл; во второй – 3 мл; в третий – 4 мл и т. д. Раствор перемешивают и в течение 20 мин наблюдают за образованием хлопьев. Выбирают дозировку коагулянта, при которой процесс образования хлопьев проходит быстрее всего. Дозу коагулянта, добавленную в этот цилиндр, считают оптимальной для данной воды (например, 4 мл).

4. Определяют дозировку едкого натра.

Готовят свежую партию подогретой воды. В первые два цилиндра вводят дозу коагулянта несколько меньшую, чем было установлено в первом опыте (т. е. 3,5 мл), во вторые два цилиндра по 4 мл, т. е. установленную в первом опыте дозу и, наконец, в следующие два цилиндра вводят по 4,5 мл коагулянта.

Раствор тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Сначала интенсивно в течение 30–40 с, а затем медленно в течение 15 мин из бюретки вводят едкий натр. Рекомендуется вводить 0,01н раствор, 1 мл которого содержит 0,4 мг NaOH.

В первые цилиндры вводят по 5 мл, во вторые – 6 мл, затем 7 и 8 мл. После введения едкого натра растворы вновь тщательно перемешивают и наблюдают за образованием хлопьев в течение 30 мин.

5. В качестве необходимой дозировки коагулянта и едкого натра принимают ту, при которой наблюдается полное и быстрое образование и оседание хлопьев гидрата окиси алюминия (за 15–20 мин) и снижение окисляемости на 60–75 %.

Результаты опыта. Принятая дозировка коагулянта _____ мл, что составляет _____ мг/л или мг-экв./л.

Дозировка щелочи составляет _____ мл, т. е. _____ мг-экв./л.

Лабораторная работа № 4

Расчет величины максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы для точечного источника

Общие сведения

На процесс рассеивания выбросов существенное влияние оказывают состояние атмосферы, расположение предприятий и источников выбросов, характер местности, физические и химические свойства выбрасываемых веществ, высота источника, диаметр устья и т. п. Горизонтальное перемещение примесей определяется в основном скоростью ветра, а вертикальное – распределением температур в вертикальном направлении.

По мере удаления от трубы в направлении распространения промышленных выбросов можно условно выделить три зоны загрязнения атмосферы:

– переброс факела выбросов, характеризующийся относительно невысоким содержанием вредных веществ в приземном слое атмосферы;

– задымление с максимальным содержанием вредных веществ;

– постепенное снижение уровня загрязнения.

Зона задымления является наиболее опасной для населения и должна быть исключена из жилой застройки. Размеры этой зоны в зависимости от метеорологических условий находятся в пределах 10–49 высот трубы.

Максимальная концентрация прямо пропорциональна производительности источника и обратно пропорциональна квадрату его высоты над землей.

Подъем горячих струй почти полностью обусловлен подъемной силой газов, имеющих более высокую температуру, чем окружающий воздух. Повышение температуры и момента количества движения выбрасываемых газов приводит к увеличению подъемной силы и снижению их приземной концентрации.

При выбросах через высокие трубы или при факельном выбросе в условиях безветрия рассеивание вредных веществ происходит главным образом под действием вертикальных потоков. Высокие скорости ветра увеличивают разбавляющую роль атмосферы, способствуя более низким приземным концентрациям в направлении ветра. Движение загрязняющих веществ вместе с воздушными массами, перемещаемыми ветром, приводит к тому, что турбулентные вихри изгибают, разрывают поток и перемешивают его с окружающими воздушными массами. Разбавление вдоль оси струи пропорционально средней скорости ветра v_v на высоте струи. Вместе с тем с увеличением v_v уменьшается высота факела над устьем трубы. Поэтому для источников выбросов вводят понятие опасной скорости ветра, при которой приземные концентрации имеют наибольшие значения. Для того чтобы предотвратить отклонение струи вблизи от горловины трубы, скорость выбрасываемого газа ω_r должна вдвое превышать опасную скорость ветра на уровне горловины трубы.

В зависимости от расположения и организации выбросов источники загрязнения воздушного пространства подразделяют на затененные и незатененные, линейные и точечные. Точечные источники используют, когда удаляемые загрязнения сосредоточены в одном месте. К ним относят выбросные трубы, шахты, крышные вентиляторы и др. близко расположенные источники. Выделяющиеся из них вредные вещества при рассеивании в циркуляционной зоне не накладываются одно на другое на расстоянии двух высот здания (с заветренной стороны). Линейные источники имеют значительную протяженность в направлении, перпендикулярном к ветру. Это аэрационные фонари, открытые окна, близко расположенные вытяжные шахты и крышные вентиляторы. Незатененные, или высокие, источники свободно расположены в недеформированном потоке ветра. К ним относят высокие трубы, а также точечные источники, удаляющие загрязнения на высоту, превышающую $2,5 \cdot H_{зд}$. Затененные, или низкие, источники расположены в зоне подпора или аэродинамической тени, образующейся на здании или за ним (в результате обдувания его ветром) на высоте $h \leq 2,5 \cdot H_{зд}$.

Основной пример оценки природной среды по чистоте – ПДК.

ПДК – предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ, т. е. максимальные концентрации вредных веществ в почве, воздушной или водной среде, при превышении которых отмечается их негативное воздействие на здоровье человека и окружающую среду ($\text{мг}/\text{м}^3$).

По отношению к концергенным тоницирующим излучениям уровень ПДК практически должен быть равен их концентрации в среде.

ПДВ – предельно допустимый выброс загрязняющих веществ, т. е. максимальное количество вредных веществ, которые одновременно или за единицу времени могут быть выброшены данным предприятием в атмосферу или водную среду, не приводя при этом к превышению в них предельно допустимой концентрации загрязняющих веществ.

ПДС – предельно допустимый сток вещества в водный объект, т. е. масса вещества в сточных водах максимальна, но допускается к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени.

Вводится в целях обеспечения норм качества воды в контрольном пункте. Устанавливается с учетом ПДК загрязняющих веществ в местах водопользования.

ВСВ – величина снижения выбросов (временно согласованные выбросы). Значение ВСВ на каждом этапе (ступени) снижения выбросов устанавливается на уровне значений при наилучшей достигнутой технологии, газоочистки и других мероприятий по охране атмосферы таким образом, чтобы при данном выбросе и неблагоприятных условиях погоды максимум приземной концентрации C_m был минимальным.

Порядок расчета и обработки опытных данных

Исходные данные, необходимые для расчета, заносятся в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Параметры выброса

$M_{\text{сум}}$, г/с	A , $\text{с}^{2/3} \cdot \text{°C}^{1/2}$	F	H , м	Тип устья	η	D , м	L , м	b , м	ω_0 , м/с	$T_{\text{в}}$, °C	$T_{\text{г}}$, °C	Тип выброса
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Необходимо рассчитать величину максимальной приземной концентрации вредных веществ и расстояние, на котором она достигается.

1. Максимальная приземная концентрация вредных веществ от одиночного (точечного) источника для выброса нагретой газовой смеси (табл. 4.1, тип выброса) при неблагоприятных метеоусло-

виях определяется по формуле (4.1), а для выброса холодной газовой смеси C_M находится по формуле (4.2):

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3; \quad (4.1)$$

$$C_M = \frac{A \cdot N \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot \frac{D}{8V_1}, \text{ мг/м}^3, \quad (4.2)$$

где M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени; A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания атмосферных примесей; m , n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси от устья источника выброса; H – высота источника над уровнем земли; ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_r и температурой окружающего воздуха T_b ($^{\circ}\text{C}$); F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания веществ; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности на рассеивание примесей; V_1 – объем газовой смеси.

При выбросах из источника с круглым устьем (табл. 4.1, стб. 7) объем газовой смеси находится по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \omega_0}{4}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.3)$$

где D – диаметр устья источника выброса; ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси на устье источника выброса (м/с).

При выбросах из источника с прямоугольным устьем (табл. 4.1, стб. 8, 9) объем газовой смеси и диаметр устья находится по формулам:

$$D = D_9 = \frac{2Lb}{L+b}, \text{ м} \quad (4.4)$$

и

$$V_1 = V_{19} = \frac{\pi \cdot L^2 \cdot b^2 \cdot \omega_0}{(L+b)^2}, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.5)$$

где L , b – длина и ширина устья соответственно.

Для источников с квадратным устьем ($L = b$) эффективный диаметр $D_э$ равняется длине стороны квадрата.

Значение коэффициента m определяется в зависимости от параметра f ($\text{м/с}^{-2} \cdot \text{°C}^{-1}$) по формуле

$$m = \frac{I}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad (4.6)$$

где

$$f = 10^3 \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}. \quad (4.7)$$

Определяем значение параметра V :

$$V = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}. \quad (4.8)$$

Значение коэффициента n определяется по формуле в зависимости от параметра V :

$$- \text{если } V \leq 0,3, \quad n = 3; \quad (4.9)$$

$$- \text{если } 0,3 \leq V \leq 2, \quad n = 3; \quad (4.10)$$

$$- \text{если } V > 2, \quad n = 1. \quad (4.11)$$

2. Расстояние X_m от источника, на котором достигается максимальная концентрация C_m , определяется по формулам:

$$X_m = d \cdot H, \text{ м}, \quad (4.12)$$

в случае, когда $F \geq 2$:

$$X_m = \frac{(5 - F) \cdot d \cdot H}{4}, \text{ м}. \quad (4.13)$$

Для выброса нагретой газовой смеси безразмерный коэффициент d определяется по формулам:

$$- \text{при } V \leq 2 \quad d = 4,95 \cdot V \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f}); \quad (4.14)$$

$$- \text{при } V > 2 \quad d = 7 \cdot V \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f}). \quad (4.15)$$

Для выброса холодной газовой смеси безразмерный коэффициент d определяется:

$$- \text{при } V \leq 2 \quad d = 11,4 \cdot V; \quad (4.16)$$

$$- \text{при } V > 2 \quad d = 16,1 \cdot \sqrt{V}. \quad (4.17)$$

Для N близко расположенных точечных источников с равными высотами, диаметрами устьев, скоростями выхода и перегревами га-

завоздушной смеси максимальные приземные концентрации C_m , соответствующие ВСВ, рассчитываются по тем же формулам, что и для одиночных источников. При этом в указанных формулах V_1 заменяется на V/N , где V – суммарный объем газовой смеси, выходящей из N источников, а под M понимается суммарный выброс вредного вещества из всех источников.

Лабораторная работа № 5 **Определение экономической эффективности** **водоохранных мероприятий**

Общие сведения

Сточными водами называют воды, используемые промышленными или коммунальными предприятиями, населением и подлежащие очистке от различных примесей. В зависимости от условий образования сточные воды подразделяют:

- 1) на бытовые или хозяйственно-фекальные (БСВ);
- 2) атмосферные (АСВ);
- 3) промышленные (ПСВ).

БСВ – это стоки душевых, бань, прачечных, столовых, туалетов.

АСВ – воды, образованные в результате выпадения атмосферных осадков.

ПСВ – жидкие отходы, которые возникают при добыче и переработке органического и неорганического сырья.

В технологических процессах источниками сточных вод являются:

- 1) воды, образующиеся в результате химических реакций;
- 2) воды, находящиеся в виде свободной и связанной влаги в сырье;
- 3) промывочные воды;
- 4) промывные водные растворы;
- 5) водные экстракты и абсорбенты;
- 6) воды охлаждения;
- 7) другие сточные воды (вакуум-насосов, конденсаторов и т. д.).

Промышленные сточные воды от примесей очищают механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами. Эти методы подразделяют на рекуперационные и деструктивные.

Рекуперационные – извлечение из сточных вод и дальнейшая переработка ценных веществ.

Деструктивный метод – вещества, загрязняющие воду, подвергают разрушению путем окисления или восстановления.

Механическая очистка сточных вод применяется при отделении твердых нерастворяемых частиц, примесей методами процеживания, отстаивания и фильтрования.

Химическая очистка применяется для удаления из сточных вод растворимых примесей.

Физико-химическая очистка применяется для удаления из сточных вод суспензированных и эмульгированных примесей.

Биохимическая очистка считается основной для обезвреживания сточных вод от органических примесей, которые окисляются микроорганизмами.

Порядок выполнения и обработки опытных данных

Для определения экономической эффективности необходимо рассчитать годовой экономический ущерб до и после проведения водоохраных мероприятий. Он может быть вычислен следующим методом: укрупненной оценки экономического ущерба от загрязнения водоемов (по рекомендациям НИИ ЭИНФОРМЭНЕРГОМАШ).

Годовой объем сточных вод находим по формуле

$$Q_{\Gamma} = Q_c \cdot 365, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.1)$$

где Q_c – суточный объем сточных вод, $\text{м}^3/\text{сут}$.

При постоянной величине концентрации i -й примеси, поступающей в водоем со сточной водой, общая масса годового сброса i -й примеси может быть приближенно определена:

$$m_i = d_i \cdot Q_{\Gamma} \cdot 10^{-6}, \text{ т/год}, \quad (5.2)$$

где i – номер сбрасываемой примеси; d_i – концентрация i -й примеси в сточной воде, $\text{г}/\text{м}^3$; 10^{-6} – коэффициент перевода в другие единицы измерения.

Масса годового сброса i -й примеси рассчитывается до проведения водоохраных мероприятий $m_i^{\text{д}}$, а также после их проведения $m_i^{\text{п}}$.

Значение приведенной массы годового сброса примесей определяется по формуле

$$M = \sum_{i=1}^N A_i m_i, \text{ т/год}, \quad (5.3)$$

где N – общее число примесей; A_i – показатель относительной опасности сброса i -го вещества в водоем (усл. т/т).

Значения величины A для некоторых распространенных загрязняющих веществ приведены в табл. П.1.2 приложения.

По описанной выше формуле (5.3) вычисляется приведенная масса годового сброса примесей до проведения водоохранных мероприятий M_1 и после их проведения M_2 .

Годовой экономический ущерб Y (у. е./год) от выбросов загрязняющих примесей в K -й водохозяйственный участок некоторым источником может быть определен по формуле

$$Y = \gamma \cdot \sigma_K \cdot M, \text{ у. е./год}, \quad (5.4)$$

где γ – константа, численное значение которой определяется временем и рассчитывается эффект, принимаем $\gamma = 144$; σ_K – константа, имеющая равное значение для различных водохозяйственных участков (безразмерная), значения определены в табл. П.1.1 приложения.

По приведенной выше зависимости вычисляется годовой экономический ущерб до проведения водоохранных мероприятий Y_1 и после их проведения Y_2 .

Предотвращенный годовой экономический ущерб:

$$\Pi = Y_1 - Y_2, \text{ у. е./год}. \quad (5.5)$$

Поскольку не учитывается косвенный экономический эффект от получения дополнительной продукции при улучшении производственных показателей, а также эффект от извлечения ценных веществ из сточных вод, экономический результат от проведения водоохранных мероприятий будет:

$$\mathcal{E} = \Pi, \text{ у. е./год}. \quad (5.6)$$

Эффективность внедрения данного водоохранного мероприятия оценивается по сроку окупаемости проекта:

$$T = \frac{K}{\mathcal{E}}, \text{ лет}. \quad (5.7)$$

Величины, необходимые для расчета экономической эффективности внедрения водоохранных мероприятий, берутся в лаборатории Гомельских тепловых сетей и заносятся в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Исходные данные для расчета

Кол-во сточных вод, м ³ /сут.	Загрязненность сточных вод по ВПК20, г/м ³		Взвешенные вещества, г/м ³		Нефтепродукты, г/м ³		СПАВ, г/м ³		Капитальные вложения, у. е.	Водохозяйственный участок (по табл. П.1.1 приложения)
	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки	до очистки	после очистки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Литература

1. ГОСТ 17.2.02–78. Охрана природы. Атмосфера, правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. – Москва, 1978.
2. ГОСТ 12.1.005–76. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования. – Москва, 1976.
3. ГОСТ 12.1.016–79. ССБТ. Воздух рабочей зоны. Требования к методикам измерения концентрации вредных веществ. – Москва, 1979.
4. ГОСТ 17.2.4.02–81. ОПА. Общие требования к методикам определения загрязняющих веществ в воздухе населенных мест. – Москва, 1981.
5. Белов, С. В. Охрана окружающей среды : учеб. для техн. вузов / С. В. Белов. – Москва : Высш. шк., 1991.
6. Сборник методик по расчету выбросов в атмосферу загрязняющих веществ различными производствами. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1986.
7. Муравьева, С. И. Справочник по контролю вредных веществ в воздухе : справ. изд. / С. И. Муравьева, Н. И. Казнина, Е. К. Прохорова. – Москва : Химия, 1988.
8. РД 52204.52–85. Методические указания. Регулирование выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1987.
9. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах : в 2 ч. Ч. 1. – Москва : Гидрометеиздат, 1984.

Приложение

Таблица П.1.1

**Значение константы для различных водохозяйственных участков,
на которых расположены предприятия**

Номер водохозяйственного участка	Наименование бассейнов, рек и островов	Значение σ_k
1	Нева	0,47
2	Устье Невы (Санкт-Петербург)	0,47
3	Днепр	1,75
4	Устье Дона	1,13
5	Устье Северной Двины	3,79
6	Устье Дона	1,87
7	Устье Камы	2,6
8	Устье Волги	0,8
9	Обь	0,34
10	Устье Амура	0,19
11	Устье Южного Буга	2,6

Таблица П.1.2

**Значение показателя A относительной опасности сброса
некоторых загрязняющих веществ**

№ п/п	Вещество	ПДК _{ср. сут.} г/м ³	A , усл. т/т
1	БПК	3	0,33
2	Взвешенные вещества	20	0,05
3	СПАВ	0,5	2
4	Нефть и нефтепродукты	0,05	20
5	Медь	0,01	100
6	Цинк	0,01	100
7	Аммиак	0,05	20
8	Мышьяк	0,05	20
9	Цианиды	0,1	20
10	Формальдегиды	0,1	10
11	Железо	0,5	2
12	Калий	0,005	20
13	Никель	0,01	100
14	Фосфор общий	0,1	10
15	Масло	0,01	100
16	Хром	0,001	10000
17	Стирол	0,1	20

Содержание

<i>Лабораторная работа № 1. Определение кислотности воды</i>	3
<i>Лабораторная работа № 2. Определение щелочности воды</i>	4
<i>Лабораторная работа № 3. Определение дозы коагулянта при коагуляции воды</i>	6
<i>Лабораторная работа № 4. Расчет величины максимальной концентрации загрязняющих веществ в приземных слоях атмосферы для точечного источника</i>	9
<i>Лабораторная работа № 5. Определение экономической эффективности водоохранных мероприятий</i>	14
Литература	18
Приложение	19

Учебное электронное издание комбинированного распространения

Учебное издание

**Овсянник Наталья Владимировна
Якимченко Владислав Геннадьевич
Юфанова Татьяна Сергеевна**

ОСНОВЫ ЭКОЛОГИИ

**Лабораторный практикум
по одноименному курсу для студентов
специальностей 1-43 01 05 «Промышленная
теплоэнергетика» и 1-43 01 07 «Техническая
эксплуатация энергооборудования организаций»
дневной и заочной форм обучения**

Электронный аналог печатного издания

Редактор *Н. В. Гладкова*
Компьютерная верстка *Н. Б. Козловская*

Подписано в печать 25.03.11.

Формат 60x84/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».

Ризография. Усл. печ. л. 1,39. Уч.-изд. л. 1,08.

Изд. № 4.

E-mail: ic@gstu.by

<http://www.gstu.by>

Издатель и полиграфическое исполнение:
Издательский центр учреждения образования
«Гомельский государственный технический университет
имени П. О. Сухого».

ЛИ № 02330/0549424 от 08.04.2009 г.

246746, г. Гомель, пр. Октября, 48.