

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Технология очистки производственных сточных вод»
для студентов специальности 1-70 04 03
«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»,
специализации 1-70 04 03 03 «Очистка природных и сточных вод»

Брест 2011

Методические указания подготовлены для студентов очной формы обучения специальности 1-70 04 03 «Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов», изучающих курс «Технология очистки производственных сточных вод».

Методические указания включают шесть лабораторных работ по очистке производственных сточных вод различными методами и предназначены для выполнения учебной программы. Приводятся теоретические основы, описание лабораторных установок, порядок выполнения работ, методики анализа, контрольные вопросы, рекомендуемая литература, что облегчит самостоятельную подготовку к лабораторным занятиям. Выполнение данного лабораторного практикума позволит студентам ознакомиться с методикой проведения экспериментальных исследований, а также закрепить теоретический материал по курсу.

Составители: Белов С.Г., доцент, к.т.н.,
Науменко Л.Е., доцент, к.т.н.

ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей природной среды и рациональное использование природных ресурсов приобретают в наши дни исключительное значение. При современных масштабах и темпах развития производительных сил должны предъявляться повышенные требования к вопросам, связанным с охраной окружающей среды и рациональным использованием природных ресурсов.

В настоящее время в Республике Беларусь одним из приоритетных направлений в решении проблемы охраны окружающей среды и защиты водоемов от загрязнения является разработка и внедрение высокоэффективных систем очистки и производственных сточных вод.

Настоящие методические указания рекомендуются к использованию при проведении лабораторных работ по курсу «Технология очистки производственных сточных вод» студентами очной формы обучения специальности 1-70 04 03 Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов».

Методические указания включают шесть лабораторных работ по нейтрализации сточных вод, очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов химическим методом, снижению интенсивности окраски красителей методом озонирования. В лабораторный практикум включены лабораторные работы, проводимые на городских очистных сооружениях КПУП «Брестводоканал» и на локальных очистных сооружениях ПРУП «Брестский электротехнический завод», обеспечивая тем самым тесную связь учебного процесса с производством.

НЕЙТРАЛИЗАЦИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: Произвести нейтрализацию модельного образца производственных сточных вод до заданного значения рН с использованием различных реагентов.

Теоретическая часть

Производственные сточные воды (ПСВ) многих отраслей промышленности имеют кислую (рН < 7) или щелочную (рН > 7) реакцию. Кислые стоки часто содержат соли тяжелых металлов, обладающие высокой токсичностью. В целях предупреждения разрушения материалов канализационных сетей и сооружений, перевода в нерастворимое состояние ионов тяжелых металлов, а также предупреждения нарушения биохимических процессов, происходящих в биологических окислителях и водоемах, сточные воды, рН которых ниже 6,5 или выше 8,5, подвергают нейтрализации.

Нейтрализация – это химическая реакция между ионами водорода (H⁺) и гидроксид-ионами (OH⁻), в результате которой образуется нейтральная молекула воды:



При равенстве концентраций ионов водорода и гидроксид-ионов происходит их полная нейтрализация, реакция раствора в этом случае является нейтральной, что соответствует концентрации ионов водорода и гидроксид-ионов в чистой воде (10⁻⁷ моль/дм³ при 25⁰С).

Для выражения реакции растворов вместо концентрации ионов водорода указывают ее десятичный логарифм, взятый с обратным знаком. Данная величина называется водородным показателем и обозначается через рН:

$$pH = -\lg[H^+]$$

Для приближенного измерения рН используют реактивы (индикаторы), окраска которых меняется в зависимости от концентрации ионов водорода. Более точно водородный показатель определяют электрометрическим методом с помощью электродной системы, состоящей из измерительного стеклянного электрода и электрода сравнения, подключенных к измерительному прибору. При изменении рН на единицу потенциал стеклянного электрода изменяется на 59,1 мВ (при 25⁰С), причем зависимость между потенциалом электрода и значением рН раствора, в который он погружен, практически линейна, это облегчает калибровку измерительных электродов с помощью буферных растворов. При электрометрическом методе определения рН результаты измерений практически не зависят от присутствия в растворе взвешенных и коллоидных частиц, железа, сероводорода, красителей, окислителей и восстановителей, данный метод позволяет определять рН водных сред с высокой точностью, поэтому он широко используется при анализе ПСВ.

При очистке ПСВ применяют следующие способы нейтрализации:

- а) взаимная нейтрализация кислых и щелочных сточных вод;

б) фильтрование кислых стоков через твердые щелочные материалы (известняк, доломит, мел, мрамор, магнезит);

в) нейтрализация щелочных стоков дымовыми газами, содержащими кислотообразующие оксиды (CO_2 , SO_2 , NO_2);

г) введение соответствующих реагентов (щелочей или кислот)

Наиболее часто используют реагентный способ нейтрализации, поскольку в отличие от других способов он может применяться на любых предприятиях.

В качестве реагентов в основном используют негашеную или гашеную известь (CaO , $\text{Ca}(\text{OH})_2$), кальцинированную соду (Na_2CO_3), каустическую соду (NaOH), раствор серной кислоты (H_2SO_4), раствор аммиака (NH_4OH).

Массовый расход реагента (в пересчете на 100%) для нейтрализации ПСВ, если известно значение pH стоков и их расход, определяют по формуле:

$$g_p = \frac{M_p \cdot N \cdot Q}{n} \quad (1.1)$$

где g_p – массовый расход реагента, кг/ч;

M_p – молекулярная масса реагента, г/моль;

n – основность кислоты или кислотность основания, используемых в качестве реагента для нейтрализации ПСВ;

Q – расход сточных вод, м³/ч;

N – нормальность ПСВ, г-экв/дм³.

- при pH < 7 нормальность производственных сточных вод равна:

$$N = \frac{1}{10^{\text{pH}}}, \text{ г-экв/дм}^3 \quad (1.2)$$

- при pH > 7 нормальность производственных сточных вод равна:

$$N = \frac{1}{10^{14-\text{pH}}}, \text{ г-экв/дм}^3 \quad (1.3)$$

С учетом концентрации и плотности рабочего раствора реагента определяют его объемный расход:

$$q_p = \frac{100 \cdot g_p}{\rho \cdot C} \quad (1.4)$$

где q_p – объемный расход реагента, дм³/ч;

g_p – массовый расход 100%-ного реагента, кг/ч;

ρ – плотность рабочего раствора реагента, кг/дм³;

C – концентрация рабочего раствора реагента, %.

Методика выполнения работы

1. Электрометрическим методом определить величину pH модельного образца ПСВ (приложение 1).

2. Рассчитать необходимую дозу реагента для доведения pH модельного образца производственных сточных вод до заданного значения (объем нейтрализуемого модельного образца ПСВ задается преподавателем).

3. Отобрать в сосуд с мешалкой заданный объем модельного образца ПСВ и при перемешивании добавить рассчитанный объем (при использовании твердо-

го вещества – рассчитанную массу) реагента, до завершения реакции продолжать перемешивание.

4. Электрометрическим методом определить рН модельного образца ПСВ после добавления реагента.

5. Сравнить значение рН образца ПСВ после нейтрализации с заданным значением рН, если отклонение от заданного значения превышает 0,5 ед. рН, следует проверить расчеты и повторно выполнить нейтрализацию.

6. Аналогично согласно п. 2-5 выполнить нейтрализацию модельного образца ПСВ с помощью следующих реагентов (всего 3 реагента).

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 1.1 – Результаты измерений и расчетов

№ опыта	рН ПСВ до нейтрализации, ед. рН	Объем ПСВ, см ³	Значение рН ПСВ после нейтрализации, ед. рН	Используемый реагент	Рычметная доза 100%-ного реагента, г	Концентрация технического реагента, %	Расчетный объем (доза) технического реагента, см ³ (г)	Полученное значение рН ПСВ после нейтрализации, ед. рН	Отклонение полученного значения рН от заданного, ед. рН
1									
2									
3									

Расчетная доза 100%-ного реагента определяется по формуле:

$$G_p = \frac{M_p \cdot N \cdot V}{n} \quad (1.5)$$

где G_p – доза 100%-ного реагента, г;

M_p – молекулярная масса реагента, г/моль;

n – основность кислоты или кислотность основания, используемых в качестве реагента для нейтрализации ПСВ;

V – объем нейтрализуемого образца ПСВ, дм³;

N – нормальность ПСВ (рассчитанная по формулам 1.2, 1.3), г-экв/дм³.

Расчетный объем рабочего раствора реагента определяется по формуле:

$$v_p = \frac{100 \cdot G_p}{\rho \cdot C} \quad (1.6)$$

где v_p – объем рабочего раствора реагента, см³;

G_p – доза 100%-ного реагента, г, (рассчитанная по формуле 1.5);

ρ – плотность рабочего раствора реагента, г/см³;

C – концентрация рабочего раствора реагента, %.

При использовании в качестве реагента твердого или пастообразного вещества его доза определяется по формуле:

$$m_p = \frac{100 \cdot G_p}{C} \quad (1.7)$$

где m_p – доза реагента, г;

C – концентрация действующего вещества в техническом реагенте, %.

Отклонение полученного значения рН от заданного:

$$\Delta \text{pH} = \left| \text{pH}_{\text{зад}} - \text{pH}_{\text{фак}} \right| \quad (1.8)$$

Контрольные вопросы

1. В каких случаях и по каким причинам необходимо осуществлять нейтрализацию ПСВ?
2. С помощью какой величины выражают кислотность или щелочность растворов и ПСВ? Как данная величина связана с концентрацией ионов водорода?
3. Какими методами определяют реакцию растворов и ПСВ? Какие методы более точные?
4. Укажите способы нейтрализации, которые применяют при очистке ПСВ. Какой способ используется наиболее часто? По каким причинам?
5. Перечислите основные реагенты, применяемые для нейтрализации ПСВ.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ОТ СОЕДИНЕНИЙ ХРОМА ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: Произвести очистку модельного образца производственных сточных вод от соединений хрома (VI) химическим методом.

Теоретическая часть

Практически на всех предприятиях, на которых имеются гальванические цеха и участки, а также на кожевенных заводах, текстильных предприятиях и некоторых химических производствах образуются сточные воды, содержащие ионы тяжелых металлов (в основном Zn^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} ; значительно реже Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} и др.). Особенно широкое распространение в гальванике получил процесс хромирования – нанесения слоя хрома на металлические поверхности. При осуществлении процесса хромирования образуются промывные воды и отработанные технологические растворы, содержащие шестивалентный хром (Cr^{6+}), который находится в растворах в виде анионов хромовых кислот (хромовой CrO_4^{2-} и двухромовой $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$). Обработкой известью анионы хромовых кислот из раствора не удаляются, поскольку кальциевые соли данных кислот растворимы в воде. Ионы, содержащие Cr^{6+} , являются сравнительно высокотоксичными (ПДК = 0,05 мг/дм³ для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения), попадание их в окружающую водную среду недопустимо. Ионы трехвалентного хрома (Cr^{3+}) являются менее токсичными (ПДК = 0,5 мг/дм³), в слабощелочной среде (при pH = 8 – 9) образуют нерастворимое в воде основание $\text{Cr}(\text{OH})_3$. Поэтому химический метод очистки ПСВ от ионов, содержащих Cr^{6+} , основан на восстановлении Cr^{6+} до ионов Cr^{3+} и последующем переводе ионов Cr^{3+} в осадок в виде нерастворимого основания.

Для восстановления ионов, содержащих Cr^{6+} , до ионов Cr^{3+} в качестве восстановителей в основном используют соли сернистой кислоты (Na_2SO_3 , NaHSO_3 , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) или соли двухвалентного железа (FeSO_4 , FeCl_2).

С солями сернистой кислоты реакция протекает в кислой среде:

1) с сульфитом:



2) с гидросульфитом (бисульфитом):

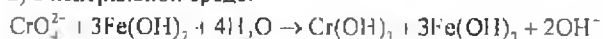


С солями двухвалентного железа реакция восстановления шестивалентного хрома происходит не только в кислой, но также в нейтральной и слабощелочных средах:

1) в кислой среде:

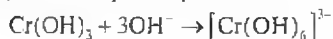


2) в нейтральной среде:



Недостатком использования в качестве восстановителей солей двухвалентного железа является 4-кратное увеличение объема образующегося осадка (по сравнению с применением сульфитов), плохо отдающего влагу.

Для проведения реакции с достаточной скоростью рН хромсодержащих стоков доводят до 2 – 3,5 добавлением реагентов или кислых стоков. Затем добавляют восстановитель и перемешивают в течение 5-15 минут до завершения реакции восстановления. Далее обработанные восстановителем ПСВ нейтрализуют и осветляют совместно с другими кислыми стоками. Для нейтрализации используют известь, соду, гидроксид натрия, при этом рН стоков не должно превышать 9, поскольку при дальнейшем увеличении рН начинает увеличиваться растворимость гидроксида хрома. При $\text{pH} > 12$ гидроксид трехвалентного хрома переходит в растворимое состояние с образованием хромит-ионов:



Критерием оценки эффективности очистки ПСВ от ионов хрома является его остаточная концентрация, которая для химического метода очистки при правильном проведении не превышает $0,3 \text{ мг/дм}^3$ для ионов Cr^{6+} , и концентрации шестивалентного хрома менее $0,05 \text{ мг/дм}^3$.

В соответствии с вышеприведенными уравнениями реакций восстановления анионов хромовых кислот для восстановления одной массовой единицы хрома требуется:

- сульфита натрия (Na_2SO_3) – 3,63 массовых единиц;
- гидросульфита натрия (NaHSO_3) – 3,06 массовых единиц;
- метабисульфита натрия ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) – 2,74 массовых единиц;
- железного купороса ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) – 16,04 массовых единиц;
- хлорида двухвалентного железа ($\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) – 11,42 массовых единиц.

Для более быстрого и полного протекания реакции дозу восстановителя по сравнению с теоретической увеличивают в 1,75 – 2,5 раза (для солей сернистой кислоты) или в 1,25 раза (для солей двухвалентного железа).

Массовый расход восстановителя для перевода шестивалентного хрома в трехвалентный, если известна его концентрация в ПСВ, определяют по формуле:

$$g_k = \frac{0,1 \cdot Q \cdot C_{Cr} \cdot D_n \cdot K}{C_n} \quad (2.1)$$

где g_k – массовый расход восстановителя, кг/ч;

Q – расход сточных вод, м³/ч;

C_{Cr} – концентрация шестивалентного хрома в ПСВ, г/м³(мг/дм³);

D_n – теоретическая удельная доза используемого восстановителя (в соответствии с уравнением реакции) для восстановления шестивалентного хрома в трехвалентный, г/г;

K – коэффициент превышения дозы восстановителя по сравнению с теоретической;

C_n – концентрация восстановителя в техническом препарате (рабочем растворе), дозируемом в ПСВ, %.

Методика выполнения работы

1. Определить концентрацию шестивалентного хрома в модельном образце ПСВ (приложение 2).

2. Электрометрическим методом определить величину pH модельного образца ПСВ (приложение 1).

3. Рассчитать необходимую дозу реагента для восстановления хрома (VI) в хром (III) и объем 0,1 н. раствора серной кислоты для доведения pH модельного образца ПСВ до значения 2 – 3,5 (объем обрабатываемого модельного образца ПСВ задается преподавателем).

4. Отобрать в сосуд с мешалкой заданный объем модельного образца ПСВ, добавить рассчитанный объем раствора серной кислоты, затем прилить рассчитанный объем раствора восстановителя, перемешивать в течение 15 минут.

5. Электрометрическим методом определить pH модельного образца ПСВ после проведения реакции восстановления.

6. Рассчитать необходимую дозу щелочного реагента для доведения pH образца ПСВ до значения 8 – 9.

7. Добавить рассчитанное количество щелочного реагента к образцу ПСВ, перемешать, дать осесть образовавшемуся гидроксиду хрома Cr(OH)₃; в течение 30 минут, профильтровать раствор через бумажный фильтр.

8. Определить концентрацию хрома (VI) в очищенном образце ПСВ.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 2.1.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 2.1 – Результаты измерений и расчетов

Концентрация Cr ⁶⁺ в ПСВ, мг/дм ³	Объем ПСВ, см ³	Используемый реагент (восстановитель)	Рассчитанная доза 100%-ного реагента, г	Концентрация рабочего раствора реагента, %	Расчетный объем рабочего раствора реагента, см ³	Концентрация ионов Cr ⁶⁺ в ПСВ после очистки, мг/дм ³	Эффект очистки ПСВ от Cr ⁶⁺ , %
1	2	3	4	5	6	7	8

Расчетная доза 100%-ного реагента (восстановителя) определяется по формуле:

$$g_{\text{в}} = V \cdot C_{\text{Cr}} \cdot D_{\text{т}} \cdot K, \quad (2.2)$$

где $g_{\text{в}}$ – расчетная доза 100%-ного реагента (восстановителя), г;

V – объем ПСВ, дм^3 ;

C_{Cr} – концентрация шестивалентного хрома в ПСВ, г/дм^3 ;

$D_{\text{т}}$ – теоретическая удельная доза используемого восстановителя (в соответствии с уравнением реакции) для восстановления шестивалентного хрома в трехвалентный, г/г ;

K – коэффициент превышения дозы восстановителя по сравнению с теоретической.

Расчетный объем рабочего раствора реагента (восстановителя) определяется по формуле:

$$v_{\text{р}} = \frac{100 \cdot g_{\text{в}}}{\rho \cdot C_{\text{р}}}, \quad (2.3)$$

где $v_{\text{р}}$ – расчетный объем рабочего раствора реагента (восстановителя), см^3 ;

$g_{\text{в}}$ – расчетная доза 100%-ного реагента, г, (рассчитанная по формуле 2.2);

ρ – плотность рабочего раствора реагента, г/см^3 ;

$C_{\text{р}}$ – концентрация рабочего раствора реагента, %.

Эффект очистки ПСВ от шестивалентного хрома определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{оч}} = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}}{C_{\text{исх}}} \cdot 100, \quad (2.4)$$

где $\mathcal{E}_{\text{оч}}$ – эффективность очистки, %.

$C_{\text{исх}}$ – концентрация Cr^{6+} до очистки, мг/дм^3 ;

$C_{\text{кон}}$ – концентрация Cr^{3+} после очистки, мг/дм^3 ;

Контрольные вопросы

1. При осуществлении каких технологических процессов на промышленных предприятиях сточные воды загрязняются соединениями хрома? Какие соединения хрома представляют большую опасность для водоемов? Укажите их ПДК.

2. Перечислите восстановители, наиболее часто применяемые для обработки сточных вод, содержащих соединения хрома (VI). Укажите их преимущества и недостатки.

3. Какое значение pH необходимо выдерживать при осаждении гидроксида хрома (III)? По какой причине?

4. Какой индикатор используют для колориметрического определения концентрации хрома (VI) в ПСВ?

5. Объясните порядок действий при определении хрома (VI) колориметрическим методом.

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКИХ СООРУЖЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ

(работа выполняется в филиале кафедры ВВиОВР, расположенном на территории городских очистных сооружений КПУП «Брестводоканал»)

Цель работы: Произвести оценку эффективности работы городских сооружений биологической очистки (аэротенков) по снижению концентрации органических веществ в сточных водах.

Теоретическая часть

Биологическая очистка сточных вод основана на биохимическом разрушении органических веществ с участием живых организмов разного уровня организации. Эффект очистки и обеззараживания воды достигается за счет утилизации органических и неорганических загрязнений активным илом, представляющим собой многовидовой микробный ценоз в виде хлопьев, сформированных колониями аэробных микроорганизмов, а также простейшими, колоставками, червями, водными грибами, дрожжами. Микроорганизмы и простейшие активного ила в процессе своей жизнедеятельности способны утилизировать сложные химические соединения (углеводы, белки, жиры, алифатические, ароматические, полициклические углеводороды и их производные, содержащие азот, серу, некоторые металлы). Утилизация различных веществ осуществляется микроорганизмами благодаря наличию в их клетках биологических катализаторов-ферментов, обладающих высокой каталитической активностью. Ферменты вырабатываются клеткой в соответствии с ее потребностями; некоторые ферменты появляются только тогда, когда в них возникает необходимость (индуктивные и индуцированные ферменты). Наличие индуктивных ферментов обеспечивает высокую активность обмена веществ у организмов, делает их «всеядными» и обеспечивает исключительно высокую приспособляемость к окружающим условиям.

Процесс расщепления органических соединений микроорганизмами может идти при участии кислорода (аэробное окисление) и без него (анаэробное окисление). Как правило, очистка сточных вод осуществляется в аэробных условиях, а обработка осадков – в анаэробных.

Скорость процесса и качество биологической очистки сточных вод сильно зависят от состава загрязнений. Многие соединения оказывают токсическое воздействие на микроорганизмы активного ила. Наличие этих веществ в сточных водах, их концентрация определяют длительность адаптации ила – она может продолжаться от 1-2 сут. до нескольких месяцев.

Большое влияние на жизнедеятельность микроорганизмов оказывает температура, по отношению к которой все микроорганизмы делятся на мезофилы (нормально существуют при 20-40°C), психрофилы (нормально существуют при 3-10°C) и термофилы (нормально существуют при 50-70°C). Однако все микроорганизмы лучше переносят пониженные температуры, чем повышен-

ные, поэтому процесс биологической очистки сточных вод идет при температуре 10-20°C.

Важное значение для жизнедеятельности микроорганизмов имеет активная реакция среды. Большинство микроорганизмов приспособлено к существованию в нейтральной среде, поэтому при биологической очистке поддерживают рН воды в пределах от 4 до 9.

Важнейшим фактором, влияющим на рост и развитие микроорганизмов в аэробных условиях, является насыщение воды кислородом. Недостаток кислорода в среде служит причиной угнетения жизнедеятельности микроорганизмов, вследствие чего замедляется процесс и ухудшается качество очистки воды, повышается иловый индекс.

В сточных водах, богатых органическими веществами, микроорганизмы не испытывают недостатка в источниках углерода, но для их жизнедеятельности также необходимы другие элементы: фосфор, азот, калий, магний, железо и т. д. Многие элементы не приходится дополнительно вносить в питательную среду, так как их достаточно содержится в воде. Однако фосфор и азот иногда приходится вносить в сточную воду, подлежащую биологической очистке, чаще всего в соотношении БПК : N : P = 100 : 5 : 1. Недостаток фосфора и азота приводит к снижению скорости и качества очистки сточных вод.

Все факторы, влияющие на процесс биологической очистки, тесно взаимосвязаны, поэтому необходимо постоянно контролировать качество поступающей на очистку воды: рН, содержание токсичных веществ и эндогенных элементов, БПК, ХПК, температуру.

БПК (биохимическое потребление кислорода) – это количество кислорода в мг, израсходованного в определенный промежуток времени на аэробное биохимическое разложение органических веществ, содержащихся в литре исследуемой воды.

ХПК (химическое потребление кислорода) – это количество кислорода в мг, необходимое для окисления всех примесей в воде (органических и неорганических), содержащихся в литре воды и реагирующих с окислителями.

Из определений видно, что ХПК характеризует общее содержание примесей в воде, а БПК – только тех из них, которые поддаются биохимическому разложению.

Для биологической очистки значительных количеств сточных вод наиболее часто применяют аэротенки различных типов. Они представляют собой резервуары, в которых очищаемая сточная вода и активный ил насыщаются воздухом и перемешиваются. Сточные воды поступают в аэротенки, как правило, после сооружений механической очистки, концентрация взвешенных веществ в них не должна превышать 150 мг/дм³.

Аэротенки могут быть одноступенчатыми и двухступенчатыми, с регенерацией ила и без нее. Одноступенчатые аэротенки без регенерации применяют при БПК_{полн} сточной воды не более 150 мг/дм³, с регенерацией – более 150 мг/дм³ и при наличии вредных производственных примесей. Двухступенчатые аэротенки применяют при очистке высококонцентрированных сточных вод.

По структуре движения потоков очищаемой сточной воды и возвратного активного ила различают:

- аэротенки-вытеснители – сточная вода и возвратный активный ил подаются сосредоточенно с одной из торцевых сторон аэротенка, выпускаются также сосредоточенно с другой торцевой стороны;
- аэротенки-смесители – подача и выпуск сточной воды и ила осуществляется равномерно вдоль длинных сторон коридора аэротенка;
- аэротенки с рассредоточенной подачей – сточная вода подводится в нескольких точках по длине аэротенка, а отводится сосредоточенно из его торцевой части; возвратный ил подается сосредоточенно в начало аэротенка.

Аэротенки-вытеснители применяют при $BPK_{полн}$ поступающей сточной воды до 300 мг/дм^3 , а аэротенки-смесители – при $BPK_{полн}$ до 1000 мг/дм^3 .

Окислительная мощность аэротенков колеблется от 0,3 до 2 кг в сутки на 1 м^3 полезного объема сооружения в зависимости от технологического режима его работы, она в значительной мере определяется концентрацией в них активного ила. При очистке производственных сточных вод доза ила обычно составляет 2-3 г/дм^3 , считая по сухому веществу. Некоторые виды слабokonцентрированных стоков можно очищать при значительно меньших дозах ила без снижения общего эффекта очистки. При концентрациях активного ила 4 г/дм^3 и более возникают затруднения с разделением иловой смеси в обычных отстойниках, это ограничивает применение высоких доз активного ила, хотя окислительная мощность аэротенков при таких дозах значительно возрастает.

На Брестских очистных сооружениях эксплуатируется 3 типа аэротенков:

1. Аэротенки-вытеснители (2 секции) 3-коридорные с регенераторами, установленные на первой очереди очистных сооружений, длиной 96 м, шириной 6 м, рабочей глубиной 4,4 м. Общая емкость – $15206,4 \text{ м}^3$.

2. Аэротенки-смесители (2 секции) 3-коридорные с регенераторами, установленные на второй очереди очистных сооружений, длиной 84 м, шириной 6 м, рабочей глубиной 5 м. Общая емкость – 15120 м^3 .

3. Аэротенки 2-коридорные с рассредоточенным впуском сточных вод без регенератора (2 секции), установленные на третьей очереди очистных сооружений, длиной 84 м, шириной 6 м, рабочей глубиной 4,65 м. Общая емкость – 9374 м^3 .

Качество сточной воды, очищенной в аэротенках, оценивают по показателю $BPK_{5\text{отс}}$:

$$L_{15} = 4 + \left(\frac{ХПК}{BPK_5} \right)^3 + 0,015 \cdot N \cdot \frac{15}{t}, \quad (3.1)$$

где L_{15} – $BPK_{5\text{отс}}$ очищенной в аэротенке, отстоянной сточной воды, мг/дм^3 ;

$ХПК$ – величина химической потребности в кислороде поступающей в аэротенк сточной воды, мг/дм^3 ;

BPK_5 – величина биохимической потребности в кислороде поступающей в аэротенк сточной воды, мг/дм^3 ;

N – нагрузка на 1 г беззольного сухого вещества активного ила, мг БПК₅/г·сут;

t – температура сточной воды, поступающей в аэротенк, °С.

Нагрузку на 1 г беззольного сухого вещества активного ила определяют по формуле:

$$N = \frac{Q_{cp} \cdot БПК_5}{W \cdot a_{cp} \cdot (1 - S)}, \quad (3.2)$$

где N – нагрузка на 1 г беззольного сухого вещества активного ила, мг БПК₅/г·сут;

Q_{cp} – среднесуточный приток сточной воды, м³/сут;

$БПК_5$ – величина биохимической потребности в кислороде поступающей в аэротенк сточной воды, мг/дм³;

W – суммарный объем аэротенка и регенератора, м³;

a_{cp} – средняя доза ила в сооружении, г/дм³;

S – зольность ила в долях единицы.

Технологически эффективно работающими аэротенками считаются такие, у которых качество очищенной воды по БПК_{5отс} отличается от рассчитанной по данной методике не более чем на 30%.

Методика выполнения работы

1. По данным службы эксплуатации и технологической карты работы аэротенка заполнить ячейки, соответствующие столбцам 1, 2 и 4 таблицы 3.1.

2. По данным лаборатории о составе поступающих на аэротенки и выходящих из вторичных отстойников сточных вод заполнить ячейки, соответствующие столбцам 5 и 8 таблицы 3.1.

3. При проведении процесса биологической очистки с регенерацией активного ила рассчитать его среднюю концентрацию в сооружении.

4. Определить ХПК поступающей в аэротенк и отстаивной очищенной сточной воды (приложение 3).

5. Рассчитать отношение ХПК/БПК поступающих и очищенных стоков.

6. С учетом данных лабораторного анализа о средней температуре очищаемых стоков и зольности активного ила по формулам 3.1 – 3.2 рассчитать нагрузку на 1 г беззольного сухого вещества активного ила и расчетное БПК_{5отс} очищенных стоков.

7. По формуле 3.3 рассчитать процент отклонения фактического БПК_{5отс} от расчетного.

8. Сделать выводы о технологической эффективности работы соответствующих аэротенков по показателям БПК_{5отс} и ХПК.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 3.1.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 3.1 – Результаты измерений и расчетов

Номер и тип азротенка	Объем азротенка (с регенератором), м ³	Средняя концентрация активного ила, г/дм ³	Расход сточных вод, м ³ /сут	БПК ₅ поступающих стоков, мг/дм ³	ХПК поступающих стоков, мг/дм ³	Отношение ХПК/БПК ₅ поступающих стоков	БПК _{5отс} очищенных стоков, мг/дм ³	ХПК _{отс} очищенных стоков, мг/дм ³	Отношение ХПК _{отс} /БПК _{5отс} очищенных стоков	Нагрузка на 1 г без.-в-ва акт. ила, мг БПК ₅ /г·сут	Расчетное БПК _{5отс} очищенных стоков, мг/дм ³	Отклонение БПК _{5отс} фактического от расчетного, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Средняя концентрация активного ила в азротенке при проведении процесса с регенерацией:

$$a_{cp} = \frac{a_{отс} W_{отс} + a_{рег} W'_{рег}}{W} \quad (3.3)$$

где a_{cp} – средняя концентрация активного ила в азротенке, г/дм³

$a_{отс}$ – концентрация активного ила в азротенке, г/дм³;

$a_{рег}$ – концентрация активного ила в регенераторе, г/дм³;

$W_{отс}$ – объем азротенка, м³;

$W'_{рег}$ – объем регенератора, м³;

W – суммарный объем азротенка и регенератора, м³.

Отклонение фактического БПК_{5отс} от рассчитанного по формуле (3.1) определяется из соотношения:

$$O = \frac{БПК_{5отс} - L_{15}}{L_{15}} \cdot 100, \quad (3.4)$$

где O – отклонение фактического БПК_{5отс} от рассчитанного, %;

$БПК_{5отс}$ – фактическое биохимическое потребление кислорода отстоянной сточной водой после биологической очистки, мг/дм³;

L_{15} – расчетное биохимическое потребление кислорода отстоянной сточной водой после биологической очистки, мг/дм³.

Контрольные вопросы

1. На чем основана биологическая очистка сточных вод? Объясните роль ферментов в процессе биологической очистки.

2. Какие факторы влияют на процесс биологической очистки сточных вод? Перечислите основные показатели качества сточных вод, которые необходимо контролировать при биологической очистке.

3. Что такое биохимическое потребление кислорода (БПК) и химическое потребление кислорода (ХПК)? Что показывает их отношение?

4. Какие типы азротенков вы знаете? Объясните принцип их работы и области применения.

5. Как можно оценить технологическую эффективность работы азротенка?

СНИЖЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ОКРАСКИ СТОЧНЫХ ВОД ПРЕДПРИЯТИЙ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ОЗОНИРОВАНИЕМ

Цель работы: Построить график зависимости интенсивности окраски по степени разбавления от удельной дозы озона для модельного образца ПСВ. Определить оптимальную дозу озона для снижения интенсивности окраски ПСВ до заданного уровня.

Теоретическая часть

Сточные воды текстильных предприятий характеризуются высоким содержанием загрязняющих веществ. Они содержат взвешенные вещества, характеризуются высоким химическим поглощением кислорода (ХПК), часто содержат ионы тяжелых металлов. Но одним из самых характерных показателей загрязнения сточных вод текстильных предприятий является их окраска.

Окраска сточных вод при производстве текстильных изделий в основном обуславливается широким применением органических красителей. Окрашиванию в процессе производства подвергаются волокна, ткани, готовые изделия. В процессе крашения значительная часть красителей (от 10% до 50%) остается в отработанных технологических растворах и в промывных водах, образующихся после промывки окрашенных изделий. В результате интенсивность окраски сточных вод, отводимых с текстильных предприятий, может достигать 1:500, 1:1000 по степени разбавления. При этом максимально допустимая интенсивность окраски по степени разбавления производственных сточных вод, сбрасываемых как в городскую водоотводящую сеть, так и в поверхностные водные объекты не должна превышать 1:20.

Синтетические красители, применяемые в настоящее время для колорирования текстильных материалов, являются стойкими органическими соединениями, трудно поддающимися биологическому окислению. Поэтому при поступлении в сточные воды данные соединения практически без изменений проходят через сооружения биологической очистки и попадают в поверхностные водные объекты, оказывая отрицательное влияние на их экосистему.

Для удаления красителей, обуславливающих окраску сточных вод могут использоваться следующие методы: реагентная коагуляция, электрокоагуляция, сорбция, барометрические методы, деструктивные методы (окисление, восстановление, УФ обработка). Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки и должен использоваться исходя из условий конкретного производства. Одним из наиболее универсальных методов является озонирование.

Чистый озон при нормальных условиях представляет собой газ бледно-фиолетового цвета, растворим в воде. Молекула озона построена в результате особого сочетания трех атомов кислорода, образующих треугольник, и описывается формулой O_3 . В отличие от двухатомной молекулы обычного кислорода, молекула озона является нестабильной и легко распадается по схеме: $2-O_3 \rightleftharpoons 3-O_2 + 71 \text{ ккал}$. На промежуточных стадиях разложения озона образуется

атомарный кислород, поэтому озон обладает очень сильными окислительными свойствами (окислительный потенциал при нормальных условиях $E_0 = 2,07 \text{ В}$).

Озон является токсичным газом, он действует на органы дыхания и может поражать центральную нервную систему. Предельно допустимое содержание озона в воздухе помещений, где работают люди, составляет $0,0001 \text{ мг/дм}^3$. Поэтому в лабораторной установке, схема которой представлена на рис. 4.1, предусмотрен деструктор остаточного озона.

Применение озона позволяет разрушать практически все водорастворимые органические соединения. При этом озон проявляет свои высокие окислительные свойства при любых значениях pH. Наиболее энергично озон взаимодействует с ненасыщенными связями:

этиленовой >C=C< , азотиновой >C=N< , азо >C=N-N< , тиокарбонильной >C=S< . Однако с карбонильной связью >C=O реакция идет не очень активно.

При взаимодействии озона с органическими красителями, которые являются производными ароматических либо гетероциклических соединений, он одновременно взаимодействует с двойными связями ароматических колец и с азосвязями молекул красителя, поэтому применение озона очень эффективно для снижения интенсивности окраски сточных вод.

Доза озона, необходимая для снижения интенсивности окраски сточных вод до уровня ПДК зависит от многих факторов: от химического строения красителя, от наличия в сточных водах кроме красителей других органических соединений и неорганических восстановителей, от pH раствора.

В данной работе изучается влияние дозы озона на снижение интенсивности окраски ПСВ, обусловленной органическими красителями. Для точного установления вводимой дозы озона используется метод точного дозирования, разработанный преподавателями кафедры ВВиОВР. Данный метод заключается в дозировании озона в виде раствора в дистиллированной воде, что позволяет точно учесть вводимую дозу озона в реакционную смесь.

Раствор озона получается барботированием через пористую насадку озонкислородной смеси в стеклянной колонке высотой 1,5 м, заполненной дистиллированной водой (рис. 4.1).

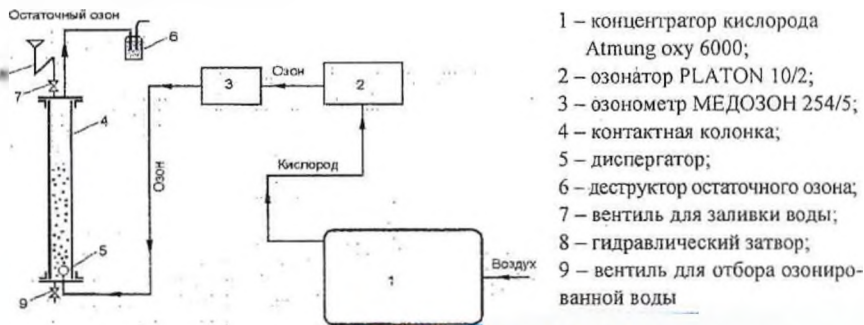


Рисунок 4.1 – Схема лабораторной установки для получения озонированной воды

Кислород (концентрация кислорода 95%), вырабатываемый концентратором кислорода 1, поступает в озонатор 2, где вырабатывается озон. Озоно-кислородная смесь подается в контактную колонку 4 через диспергатор 5, при этом вода насыщается озоном. Далее обедненная озоном озоно-кислородная смесь поступает в деструктор 6, представляющий собой склянку Дрекселя, заполненную насадкой, разрушающей озон. Озонированная вода из контактной колонки 4 отбирается с помощью вентиля 9. Новые порции воды в контактную колонку 4 вводятся через гидравлический затвор 8 с помощью вентиля 7.

Равновесная концентрация озона в воде определяется по формуле Гомела:

$$C_{p_оз_водл} = R_l \cdot C_{оз_гш} \cdot \frac{p}{p_a} \quad (4.1)$$

где $C_{p_оз_водл}$ – равновесная концентрация озона в воде, мг/дм³;

R_l – коэффициент распределения (при 20^oC $R_l = 0,22$);

$C_{оз_гш}$ – концентрация озона в газе, мг/дм³;

p – общее давление воды и газа в аппарате, Па;

p_a – атмосферное давление, Па.

Методика выполнения работы

1. С помощью спектрофотометра СФ-2000 снять спектр поглощения исходного модельного образца ПСВ. Обработать полученный спектр с помощью программы «Окраска-мониторинг», разработанной на кафедре ВВИОВР, определить интенсивность окраски по степени разбавления исследуемого образца (приложение 4).

2. В учебной лаборатории 3/117а «Очистка производственных сточных вод» запустить учебный стенд получения озонированной воды, получить раствор озона в дистиллированной воде, определить концентрацию озона в растворе с помощью жидкостного анализатора озона «МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30)» (приложение 5).

3. С учетом концентрации раствора озона, полученного в барботажной колонке, определить максимальную вводимую дозу озона, при этом минимальная доза озона принимается равной 2 мг/дм³. Задаться промежуточными дозами озона (не менее 5-ти точек) для снижения окраски модельного образца ПСВ (объем обрабатываемого модельного образца ПСВ по заданию преподавателя).

4. Отобрать из адсорбционной колонки около 1 дм³ озонированной воды, определить концентрацию озона в растворе, рассчитать по формуле (4.3) объем озонированной воды для введения необходимой дозы озона.

5. При непрерывном перемешивании прилить расчетный объем озонированной воды к заданному объему модельного образца ПСВ, довести общий объем обработанного образца ПСВ до 1 дм³.

6. С помощью спектрофотометра СФ-2000 снять спектр поглощения обработанного озоном модельного образца ПСВ. Определить окраску по степени разбавления обработанного образца ПСВ (приложение 4).

7. В соответствии с пунктами 4...6 провести обработку модельного образца ПСВ другими дозами озона.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 4.1.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 4.1 – Результаты измерений и расчетов

№ опыта	Объем обрабатываемого образца ПСВ, дм ³	Доза озона, мг/дм ³	Средняя концентрация озона в озонированной воде, мг/дм ³	Вводимый объем озонированной воды, дм ³	Интеграл окраски	Окраска по степени reductions
1	2	3	4	5	6	7

Максимальная доза озона в серии опытов для построения графика определяется с учетом полученной концентрации озона в озонированной воде:

$$d_{\text{оз, макс}} = \frac{C_{\text{оз}} \cdot (1 - V_{\text{псв}})}{V_{\text{псв}}}, \quad (4.2)$$

где $d_{\text{оз, макс}}$ – максимальная доза озона в серии опытов, мг/дм³;

$C_{\text{оз}}$ – концентрация озона в озонированной воде, мг/дм³;

$V_{\text{псв}}$ – объем обрабатываемого образца ПСВ, дм³.

Объем обрабатываемого образца ПСВ задается преподавателем в пределах 0,2...0,5 дм³.

Минимальная доза озона принимается равной 2 мг/дм³.

Объем озонированной воды для введения расчетной дозы озона определяется по формуле:

$$V_{\text{оз}} = \frac{d_{\text{оз}} \cdot V_{\text{псв}}}{C_{\text{оз}}}, \quad (4.3)$$

где $V_{\text{оз}}$ – объем озонированной воды для введения заданной дозы озона, дм³;

$d_{\text{оз}}$ – заданная доза озона, мг/дм³;

$V_{\text{псв}}$ – объем обрабатываемого образца ПСВ, дм³;

$C_{\text{оз}}$ – концентрация озона в озонированной воде, мг/дм³.

Контрольные вопросы

1. Каких значений может достигать окраска сточных вод текстильных предприятий? Какая максимально допустимая окраска сбрасываемых ПСВ?

2. Какие методы очистки используются для удаления красителей из ПСВ? Какой метод является одним из наиболее универсальных? Объясните почему.

3. По какой причине озон проявляет сильные окислительные свойства? С какими химическими связями он наиболее энергично взаимодействует?

4. По какой формуле рассчитывается равновесная концентрация озона в воде? Что такое коэффициент распределения?

5. Каким методом в данной работе определяется интенсивность окраски ПСВ? Опишите ход выполнения анализа при определении интенсивности окраски.

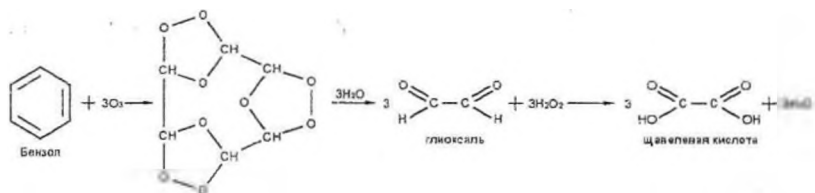
ОЧИСТКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОД ОТ СТОЙКИХ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ ОЗОНИРОВАНИЕМ

Цель работы: Исследовать эффективность разрушения стойких органических загрязнений ПСВ с помощью озонирования. Построить график зависимости остаточной концентрации ароматического органического соединения в модельном образце ПСВ от дозы озона. Определить дозу озона, достаточную для полного разрушения данного вещества.

Теоретическая часть

Озон способен эффективно разрушать органические соединения различного химического строения, в частности ароматические соединения. Производными ароматических соединений являются синтетические красители, текстильно-вспомогательные вещества, нефтепродукты, пестициды, многие органические растворители, лекарственные препараты. Большинство данных веществ при попадании в сточные воды являются биологически стойкими загрязнителями. При проведении биологической очистки сточных вод данные соединения разрушаются незначительно либо вообще не разрушаются, проходя транзитом в окружающие водные объекты. В то же время, эти вещества часто обладают мутагенным и канцерогенным действием, т.е. представляют значительную угрозу для живых организмов, а том числе и человека.

Взаимодействие озона с ароматическими соединениями происходит через механизм присоединения озона к двойной связи и последующим гидролизом образовавшегося промежуточного соединения. При этом происходит разрушение ароматического кольца с образованием более простых органических оксисоединений:



Аналогично из других ароматических соединений, в том числе и многоядерных, в зависимости от дозы озона получают различные оксипроизводные (ароматические и алифатические кетоны, альдегиды, карбоновые кислоты).

Теоретически любое органическое соединение с помощью озона можно окислить до углекислого газа и воды. Однако для этого требуются очень большие дозы озона и длительное время для осуществления реакций. При осуществлении очистки сточных вод более целесообразно использовать дозы озона, достаточные для разрушения ароматических колец (данные дозы значительно ниже доз, необходимых для полного разрушения ароматических соединений), поскольку алифатические органические оксисоединения, образующиеся в ре-

зультате деструкции ароматических соединений, как правило, легко удаляются при биологической очистке в искусственных или природных условиях.

В практике очистки приходится иметь дело со сточными водами, содержащими различные органические загрязнения (неизвестен химический состав, неизвестна концентрация), поэтому необходимые дозы озона для конкретного стока устанавливаются опытным путем. Для этого строят калибровочный график остаточной концентрации загрязнителя от удельной дозы озона (удельная доза принимается по отношению к загрязняемому веществу либо по отношению к объему обрабатываемого стока).

При непрерывной обработке сточных вод методом озонирования доза озона определяется расходом озоносодержащего газа и концентрацией озона в нем, но при этом также необходимо знать коэффициент использования озона, показывающий долю озона, вступившего в химические реакции. Для определения коэффициента использования озона необходимо учитывать расход и концентрацию озона как на входе в барботажную камеру, так и на выходе из нее, а также самораспад озона, что осуществить довольно сложно. В данной работе, для увеличения точности, озон дозируется в виде водного раствора.

Исследования эффективности разрушения органических соединений с помощью озонирования выполняются на лабораторном стенде, описанном в лабораторной работе №4 (рисунок 4.1). В качестве модельного образца ПСВ используется водный раствор ароматического соединения известной концентрации (по заданию преподавателя). Деструкция ароматических соединений под воздействием озона осуществляется методом точного дозирования озона в виде водного раствора. Эксперимент осуществляется следующим образом. Расчетное количество органического ароматического соединения в виде концентрированного водного раствора заливается в стакан объемом 1 дм³, далее при непрерывном перемешивании вводится заданная доза озона в виде его водного раствора в дистиллированной воде. После этого, при необходимости, объем смеси растворов доводится дистиллированной водой до 1 дм³. Далее с помощью спектрофотометра СФ-2000 методом УФ-спектроскопии определяется концентрация ароматического соединения после обработки озном.

Методика выполнения работы

1. В мерной колбе из концентрированного раствора органического ароматического соединения разбавлением дистиллированной водой приготовить рабочий раствор заданной концентрации (концентрация рабочего раствора задается преподавателем).

2. С помощью спектрофотометра СФ-2000 снять спектр поглощения рабочего раствора в УФ-области (диапазон сканирования от 190 до 380 нм). Зафиксировать интенсивность поглощения *B*-полосы (приложение 6).

3. В учебной лаборатории 3/117а «Очистка производственных сточных вод» запустить учебный стенд получения озонированной воды, получить раствор озона в дистиллированной воде, определить концентрацию озона в растворе с помощью жидкостного анализатора озона «МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30)» (приложение 5).

4. С учетом концентрации раствора озона, полученного в барботажной колонке, по формуле (5.2) рассчитать объем озонированной воды, необходимый для введения заданной дозы озона (первая доза озона принимается 0,5 мг/мг вещества).

5. В мерный стеклянный стакан объемом 1 дм³ ввести необходимый объем концентрированного раствора органического вещества, при разбавлении которого до 1 дм³ получается рабочий раствор. Далее добавить в мерный стакан расчетный объем озонированной воды и довести дистиллированной водой объем реакционной смеси до 1 дм³.

6. С помощью спектрофотометра СФ-2000 снять спектр поглощения обработанного заданной дозой озона рабочего раствора в УФ-области (диапазон сканирования от 190 до 380 нм). Зафиксировать интенсивность поглощения В-полосы обработанного раствора (приложение 6).

7. По расчетной формуле (5.3) с учетом интенсивности поглощения В-полосы обработанного раствора определить остаточную концентрацию разбавляемого вещества.

8. Повторить действия пунктов 4...7 для получения значения остаточной концентрации, соответствующего другой удельной дозе озона. Удельные дозы озона (мг озона / мг вещества) принимаются таким образом, чтобы всего получилось 5...7 точек, при этом максимальная удельная доза озона должна составлять 1,5...2,5 мг/мг вещества.

Результаты измерений и расчетов занести в таблицу 5.1.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 5.1 – Результаты измерений и расчетов

№ опыта	Концентрация рабочего раствора ароматического соединения, мг/дм ³	Объем обрабатываемого раствора ароматического соединения, дм ³	Доза озона, мг/мг вещества	Концентрация озона в озонированной воде, мг/дм ³	Вводимый объем озонированной воды, дм ³	Интенсивность В-полосы поглощения в УФ-области	Остаточная концентрация органического соединения в растворе, мг/дм ³
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							

Объем концентрированного раствора органического вещества, необходимый для получения рабочего раствора вещества заданной концентрации, рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{конц}} = \frac{C_p \cdot V_p}{C_{\text{конц}}} \quad (5.1)$$

где $V_{\text{конц}}$ – объем концентрированного раствора органического вещества, см³;

V_p – заданный объем рабочего раствора, дм³;

C_p – концентрация рабочего раствора органического вещества, мг/дм³;
 $C_{конц}$ – концентрация концентрированного раствора органического вещества, мг/дм³.

Объем озонированной воды для введения расчетной дозы озона определяется по формуле:

$$V_{оз} = \frac{d_{оз} \cdot V_{конц} \cdot C_{конц}}{C_{оз}} \quad (5.2)$$

где $V_{оз}$ – объем озонированной воды для введения заданной дозы озона, см³;
 $d_{оз}$ – заданная удельная доза озона, мг/мг вещества;
 $V_{конц}$ – объем концентрированного раствора органического вещества, см³;
 $C_{конц}$ – концентрация концентрированного раствора органического вещества, мг/дм³;
 $C_{оз}$ – концентрация озона в озонированной воде, мг/дм³.

Остаточная концентрация органического соединения после обработки озоном определяется по формуле:

$$C_{ост} = C_p \cdot \frac{D_{ост}}{D} \quad (5.3)$$

где $C_{ост}$ – остаточная концентрация органического вещества в растворе после обработки озоном, мг/дм³;

C_p – концентрация органического вещества в рабочем растворе, мг/дм³;

$D_{ост}$ – оптическая плотность обработанного озоном раствора на длине волны, соответствующей В-полосе данного органического соединения;

D_p – оптическая плотность рабочего раствора на длине волны, соответствующей В-полосе данного органического соединения.

По данным таблицы 5.1 строится график зависимости остаточной концентрации деструктируемого ароматического соединения от удельной дозы озона.

Контрольные вопросы

1. Какие вещества образуются при деструкции ароматических соединений озоном?

2. По каким параметрам определяется доза озона, введенная в ПСВ при непрерывном процессе озонирования? Каким образом производится дозирование озона в данной работе?

3. Каким методом в данной работе определяется концентрация ароматических соединений в ПСВ?

4. По какой формуле рассчитывается объем озонированной воды, необходимый для введения заданной дозы озона?

5. Как методом точного дозирования определить дозу озона, достаточную для полной деструкции ароматического соединения в растворе?

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОЧИСТКИ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ СТОКОВ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОКОАГУЛЯЦИИ

(на примере работы локальных очистных сооружений
ПРУП “Брестский электротехнический завод”)

- Цель работы: 1. На теоретическом уровне изучить технологическую схему очистки гальванических стоков методом электрокоагуляции.
2. На локальных очистных сооружениях ПРУП “Брестский электротехнический завод” практически закрепить изученный теоретический материал и дать оценку технологической эффективности метода электрокоагуляции при очистке сточных вод гальванического производства.

Теоретическая часть

Состав сточных вод. Гальванические стоки, образующиеся на территории ПРУП “Брестский электротехнический завод”, разделяются на два потока:

- кислотно-щелочные электролиты (-К8-);
- промывные кислотно-щелочные и хромсодержащие стоки (-К10-).

Гальванические стоки содержат ионы металлов, сульфаты, фосфаты, хлориды с концентрациями:

$$\begin{aligned} \text{Cr}^{6+} &= 25 \text{ мг/дм}^3; \\ \text{Ni}^{2+} &= 6,1 \text{ мг/дм}^3; \\ \text{SO}_4^{2-} &= 56,3 \text{ мг/дм}^3; \\ \text{PO}_4^{3-} &= 3,8 \text{ мг/дм}^3; \\ \text{Cl}^- &= 17,8 \text{ мг/дм}^3; \\ \text{pH} &= 2,74. \end{aligned}$$

После очистки часть сточных вод возвращается на повторное использование, а оставшаяся часть сбрасывается в городской коллектор. Качество воды должно удовлетворять следующим требованиям: $\text{Cr}^{6+} = 0,1 \text{ мг/дм}^3$, $\text{Ni}^{2+} = 0,3 \text{ мг/дм}^3$, $\text{pH} = 6,5-8,5$.

Выбор метода очистки. Основной задачей подготовки кислотно-щелочного стока к сбросу в бытовую канализацию и на повторное использование является его очистка от ионов тяжелых металлов переводом их в гидроксиды и последующим выделением в осадок.

Технология обработки стоков предусматривает усреднение в накопителе гальванического стока и далее его обработку методом электрокоагуляции в установке проточного типа с пластинчатыми электродами из низкоуглеродистой стали.

Технологическая схема очистки гальваносточков (приложение 7). Промывные кислотно-щелочные и хромовые стоки из гальванического участка самотеком поступают в подземные усреднители поз. К10.1. Концентрированные кислотно-щелочные электролиты сливаются в лоток, по которому самотеком также поступают в усреднители поз. К10.1, после чего проходят очистку совместно с промывными стоками.

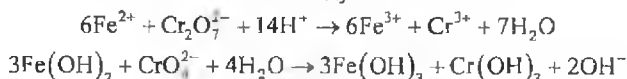
В усреднители также поступает декантат из илоуплотнителя поз. О1.1, вода от промывки сорбционных фильтров поз. В10.3, фильтрат из ресивера поз. О1.4, слив и перелив осадка из корыта вакуум-фильтра поз. О1.3, отработанные регенерационные растворы щелочи и магнезия, а также слив и перелив осветленной воды из бака поз. В10.1. Время пребывания стоков составляет 3 часа.

Из усреднителей поз. К10.1 промывные кислотнo-щелочные и хромсодержащие стоки насосами поз. К10.2 подаются для предварительной электрохимической обработки в электроионный сепаратор поз. К10.3.

Сущность метода заключается в следующем:

- в анодные камеры сепаратора поз. К10.3 (элемент блока электрохимической обработки) подается насосами поз. Р2.2 из статического гальванокоагулятора с рецикловым баком поз. Р2.1 раствор, содержащий ионы Fe^{2+} , а в катодные камеры поступают очищаемые стоки;

- ионы Fe^{2+} под воздействием электрического тока проходят через полупроницаемую мембрану в катодные камеры, где смешиваются с очищаемым стоком и восстанавливают Cr^{6+} до Cr^{3+} по следующей схеме:



Статический гальванокоагулятор с рецикловым баком поз. Р2.1 осуществляет подачу раствора железа Fe^{2+} с помощью насосов поз. Р2.2. Нарботка железа происходит в статическом гальванокоагуляторе, заполненного стальной стружкой при циркуляции через нее суспензии катодного вещества.

Поддержание pH в рецикловом баке поз. Р2.1 осуществляется путем подачи концентрированной кислоты в рецикловый бак поз. Р2.1 посредством дозирочного насоса поз. Р3.2 №1, из бутыли с кислотой, с регулировкой объема кислоты, обеспечивающего концентрацию раствора железа Fe^{2+} в рецикловом баке, необходимую для обезвреживания шестивалентного хрома усредненных промывных стоков.

Электроснабжение электроионного сепаратора осуществляется от выпрямительного агрегата поз. К10.6.

Прошедшие электрохимическую очистку стоки поступают в смеситель, поз. К10.4 коридорного типа, блока очистки поз. К10.5, где смешиваются с раствором щелочи, подаваемым из дозатора щелочи поз. Р1.3 через вентиль с электроприводом У1, управляемый автоматически, по показаниям pH-метра, установленного на выходе из смесителя, для поддержания pH в пределах 8,5...9,5.

В результате подщелачивания стоков до pH = 8,5...9,5 образуются нерастворимые или слаборастворимые гидроксидные соединения, например:



На выходе из смесителя поз. К10.4 стоки смешиваются с раствором флокулянта, подаваемым по мере необходимости, из дозатора поз. Р7.1, для улучшения процесса осаждения осадка.

Образовавшиеся гидроксиды железа интенсивно коагулируют примеси и другие гидроксиды в крупные плотные частицы, легко выпадающие в осадок, которые захватывают и часть растворенных примесей, таких как фосфаты, сульфаты, карбонаты, кальций, магний и другие.

Далее стоки проходят камеру хлопьеобразования, где интенсивно происходит процесс образования осадка, после чего направляются для осветления в тонкослойный модуль блока очистки поз. К10.5, непосредственно над которым расположен фильтр из вспененного полистирола, обеспечивающий удаление мелкодисперсных примесей и повышение эффективности очистки гальваностоков.

Осветленная от загрязнений вода, пройдя фильтр из вспененного полистирола, сливается в бак поз. В10.1, из которого насосами поз. В10.2 подается для доочистки на сорбционные фильтры поз. В10.3, загруженные алюмосиликатным адсорбентом.

Промывка сорбционных фильтров поз.В10.3, осуществляется водой, подаваемой насосом поз.В11.2 из бака поз.В11.1. Промывка фильтра производится в течение 5-10 мин.

Промывная вода от фильтров поз. В10.3 (ФОВ-1-0.6) отводится в усреднитель поз. К10.1.

Регенерация алюмосиликатной загрузки сорбционных фильтров поз. В10.3 осуществляется путем рециркуляции через слой загрузки последовательно раствора щелочи и сернокислого (хлористого) магния.

Отработанные регенерационные растворы щелочи и магния сбрасываются в усреднители промывных стоков поз. К10.1.

Регенерация сорбционных фильтров проводится со следующей периодичностью:

- регенерация раствором щелочи – 1 раз в год со сбросом регенерационного раствора в усреднители поз. К10.1;

- регенерация раствором магния -- 1 раз в три месяца, после чего отработанный регенерационный раствор может использоваться несколько раз (сброс отработанного регенерационного раствора магния производится 2 раза в год).

После сорбционных фильтров, полностью очищенная вода, под остаточным напором, поступает в подземный резервуар очищенной воды поз. В11.1 из которого часть очищенной воды сбрасывается в сеть бытовой канализации, а часть возвращается на повторное использование.

Образующийся в процессе очистки гальваностоков осадок из блока очистки поз. К10.5 периодически сбрасывается в двухсекционный илоуплотнитель поз. О1.1. Одновременно, за счет движения жидкости сверху вниз, удаляются частицы, задержанные полистирольным фильтром, то есть происходит их регенерация.

После 3-5 часового отстаивания происходит снижение влажности осадка и уменьшение его объема.

Декантат, образующийся в илоуплотнителе поз. О1.1, в процессе отстаивания осадка, самотеком сбрасывается в усреднители поз. К10.1.

Уплотненный в осадкоуплотнителе поз. О1.1 осадок, насосом поз. О1.2 подается на вакуум-фильтр поз. О1.3, где обезвоживается до влажности 70% и вывозится на захоронение.

Методика выполнения работы

1. Занятия в лаборатории.

На теоретическом уровне изучить сущность метода электрокоагуляции при очистке гальванических стоков (на примере технологической схемы очистки сточных вод на локальных очистных сооружениях (ЛОС) ПРУП “Брестский электротехнический завод”).

2. Экскурсия на ЛОС ПРУП “Брестский электротехнический завод”.

2.1. Практически закрепить теоретические знания по очистке гальванических сточных вод методом электрокоагуляции

2.2. Изучить конструкцию и принцип работы оборудования, применяемого в технологической схеме очистки гальванических стоков.

2.3. По данным журнала лабораторного контроля за ходом очистки сточных вод оценить качество воды до и после очистки по показателям: рН, концентрация хрома (III), хрома (VI), концентрация никеля (II) и др.

2.4. Дать оценку технологической эффективности метода электрокоагуляции при обезвреживании гальванических сточных вод.

Обработка экспериментальных данных

Таблица 6.1 – Результаты измерений

Наименование показателя	Единицы измерения	Значение показателя в сточной воде		Эффект очистки, %
		до очистки	после очистки	
1	2	3	4	5

Контрольные вопросы

1. Какие категории сточных вод образуются на территории ПРУП “Брестский электротехнический завод”?

2. Объясните сущность электрокоагуляционного метода очистки хромсодержащих сточных вод.

3. Какую реакцию среды необходимо поддерживать в рецикловом баке для обеспечения требуемой концентрации ионов Fe^{2+} ? За счет чего происходит создание требуемой реакции среды?

4. При каком уровне рН происходит образование нерастворимых или слабо-растворимых гидроксидных соединений? Как обеспечивается требуемый уровень рН?

5. Какие сооружения в технологической схеме предназначены для осветления и доочистки сточных вод?

6. Изложите последовательность обработки осадка, образующегося при очистке хромсодержащих сточных вод.

Определение рН электрометрическим методом

Сущность метода. Электрометрический метод определения рН основан на измерении разности потенциалов, возникающей на поверхности раздела между стеклянным электродом и раствором. Он представляет собой трубку с напаянным на конце полым шариком из литиевого электродного стекла. При погружении электрода в раствор между поверхностью шарика и раствором происходит обмен ионами, в результате которого ионы лития в поверхностных слоях стекла замещаются ионами водорода, и стеклянный электрод приобретает свойства водородного. При изменении рН на единицу потенциал стеклянного электрода изменяется на 58,1 мВ (при 20°C). Пределы линейной подчиненности потенциала электрода зависят от состава стекла электрода. Современные стеклянные электроды позволяют измерять рН от 0 до 14.

В качестве вспомогательного электрода сравнения при измерении рН используют хлорсеребряный электрод, корпус которого заполняется насыщенным раствором хлорида калия. Верхняя часть корпуса с отверстием для заливки хлорида калия закрывается резиновой пробкой, которая при измерениях вынимается.

Аппаратура: иономер лабораторный И-130М со стеклянным измерительным электродом ЭСЛ-43-07 и хлорсеребряным электродом сравнения ЭВЛ-1М.3.1.

Реактивы: 1) буферный раствор с рН 1,68 при 20°C (0,05М раствор тригидродиксалата калия); 2) буферный раствор с рН 4 при 20°C (0,05М раствор гидрофталата калия); 3) буферный раствор с рН 6,98 при 20°C (0,025М раствор дигидроортофосфата калия и 0,025М гидроортофосфата натрия); 4) буферный раствор с рН 9,22 при 20°C (0,01М раствор тетрабората натрия). Буферные растворы хранят в посуде из полиэтилена или стекла «пирекс».

Подготовка к работе. Измерительный электрод подключается к гнезду «Изм.», вспомогательный – к гнезду «Всп.». Переключатель рода работ устанавливается в положение $pX^-(pH)$. Переключатель вида термокомпенсации на передней панели прибора устанавливается в положение «ручн.» (рекомендуется при постоянной температуре раствора). Электроды и термометр устанавливаются на штативе. Иономер включается в сеть и прогревается в течение 30 мин.

Настройка иономера. Перед измерением рН проверяют прибор по стандартным буферным растворам. Погружают электродную систему и термометр в первый буферный раствор. Определяют температуру раствора и устанавливают значение температуры раствора органами настройки « t раств °С». После установления показаний, если они отличаются от стандартного значения, настраивают прибор. Для этого нажимают кнопку «Инд.» и, ориентируясь по показаниям цифрового табло, органами настройки « pX_n » устанавливают значение рН первого буферного раствора. Затем отжимают кнопку «Инд.». Удаляют пробу с первым буферным раствором, электроды промывают дистиллированной водой, удаляют остатки воды фильтровальной бумагой и погружают во второй буферный раствор. После установления показаний органами настройки крутизны «S %» устанавливают значение рН второго буферного раствора при данной температуре.

Ход измерения. Электродную систему погружают в исследуемый раствор и по показаниям цифрового табло отсчитывают величину потенциала стеклянно-го электрода в единицах рН, округляя результаты до 0,05 – 0,1.

Приложение 2

Фотометрический метод определения шестивалентного хрома с дифенилкарбазидом

Сущность метода. Дифенилкарбазид реагирует в кислой среде с бихромат-ионами с образованием соединения фиолетового цвета, в котором хром содержится в восстановленной форме, в виде хрома(III), а дифенилкарбазид окислен до дифенилкарбазона. Метод очень чувствителен: при $\lambda = 540$ нм молярный коэффициент поглощения $\epsilon = 4,2 \cdot 10^4$.

Аппаратура. спектрофотометр SP-830 plus.

Подготовка к работе. После включения дать прибору прогреться в течение 30 минут. Нажатием «100», «010» и «001» установить длину волны λ (нм), нажатием «A/T/C» выбрать режим А (абсорбции света).

Измерение оптической плотности. Вставить кювету с холостой пробой в кюветодержатель и закрыть крышку кюветного отделения, нажав «BLANK». Заменить кювету с холостой пробой на кювету с измеряемым образцом, закрыть крышку. На дисплее снять показания в единицах оптической плотности.

Реактивы: дифенилкарбазид, 0,1%-ный спиртовой раствор; серная кислота, 2 н. раствор.

Построение калибровочного графика. Приготовить методом разбавления раствор $K_2Cr_2O_7$ в дистиллированной воде с концентрацией хрома 1 мг/дм^3 (растворить 0,7071 г просушенного $K_2Cr_2O_7$ в 1 дм^3 дистиллированной воды, затем отобрать 4 см^3 полученного раствора и разбавить до 1 дм^3). В ряд мерных колб емкостью 100 мл отмерить 1, 2, 5, 10, 20, 35, 50 см^3 раствора с концентрацией хрома 1 мг/дм^3 и довести объемы до метки. Полученные растворы имеют концентрации хрома: 0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,35; 0,5 мг/дм^3 . Перелить растворы в конические колбы емкостью 100 мл. Ко всем растворам прилить $1,25 \text{ см}^3$ 2н. H_2SO_4 , 1 см^3 0,1% раствора дифенилкарбазида, перемешать и через 10 минут определить оптическую плотность на длине волны $\lambda = 540$ нм. Из полученных значений оптической плотности вычесть результат холостого определения и построить график в координатах: оптическая плотность - концентрация хрома (VI).

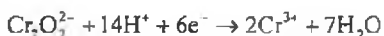
Ход определения хрома (VI). В 3 конические колбы емкостью 100 мл поместить по 50 см^3 профильтрованной пробы, предварительно разбавленной так, чтобы в пробе содержалось 0,01 – 0,5 мг/дм^3 хрома. Затем пробу в одной из колб нейтрализовать 0,1 н. раствором едкой щелочи по фенолфталеину до слабо-розового окрашивания, в другой нейтрализовать таким же объемом раствора едкой щелочи, но без прибавления индикатора, прилить 0,62 см^3 2 н. раствора H_2SO_4 и 0,5 см^3 0,1% раствора дифенилкарбазида и через 10–15 мин определить

оптическую плотность раствора по отношению к пробе в третьей колбе, к которой прибавить все реактивы, кроме дифенилкарбазида. Измерение проводить при $\lambda = 540$ нм. По калибровочному графику определить концентрацию шестивалентного хрома (при необходимости учесть разбавление пробы).

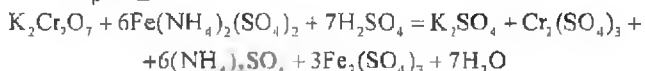
Приложение 3

Бихроматный ускоренный метод определения ХПК

Сущность метода. Органические вещества окисляют бихроматом калия в 18 н. (разбавление 1:1) серной кислоте. Бихромат при этом восстанавливается согласно уравнению:



Концентрацию бихромата калия в растворе определяют при помощи соли Мора $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. При этом протекает окислительно-восстановительная реакция:



Зная концентрацию бихромата калия до и после окисления, можно рассчитать, какое его количество (в пересчете на кислород) израсходовано на окисление примесей воды.

Окисление органических веществ в этих условиях охватывает практически все органические вещества, особенно если вводить в реакционную смесь катализатор – сульфат серебра. Получаемый результат составляет 95–98% от $\text{ХПК}_{\text{теор}}$. Потеря (2–5%) объясняется образованием летучих, устойчивых к окислению продуктов распада (CO , CH_4). С трудом окисляются пиридин и его гомологи, пиррол, никотиновая кислота и некоторые другие азотсодержащие гетероциклические соединения, бензол, толуол и другие ароматические углеводороды, парафин, нафталин. Мешающее влияние хлоридов (окисляющихся в процессе определения до Cl_2) устраняют маскированием их сульфатом ртути (II) в количестве 22,2 мг HgSO_4 на 1 мг Cl^- .

Если анализируемая проба содержит неорганические восстановители, то количество их, определяемое отдельно соответствующими методами, должно быть вычтено (в пересчете на кислород) из результата определения ХПК. Поправку на присутствие в воде сульфидов, сульфитов, гидросульфитов вводить не следует, поскольку H_2S и SO_2 улетучиваются при определении ХПК (надо только серную кислоту вливать в колбу ранее бихромата).

Анализировать можно предварительно профильтрованную пробу и всю пробу вместе с присутствующим в ней осадком (в зависимости от поставленной цели). При фильтровании пробы через бумажный фильтр надо избегать возможного влияния бумаги фильтра. Фильтр надо предварительно промыть горячей водой и, проводя фильтрование, отбросить первую порцию (200–250 см³) фильтрата. Нельзя фильтровать сточную воду, содержащую вещества, которые

могут улетучиваться во время фильтрования или окисляться кислородом воздуха. В таких случаях фильтрование заменяют продолжительным отстаиванием сточной воды и для анализа отбирают пипеткой верхний прозрачный слой.

Ускоренный метод определения ХПК применяют, если имеется уверенность в отсутствии трудноокисляемых органических веществ. Он проводится без добавления катализатора и сульфата ртути. Главная особенность ускоренного метода – повышенная концентрация H_2SO_4 . Нагревания извне не требуется, температура повышается за счет тепла, выделяющегося при смешении воды с концентрированной серной кислотой. Хлорид-ионы количественно окисляются до свободного хлора, и из полученного результата определения надо вычесть поправку: на 1 мг хлорид-ионов расходуется 0,23 мг кислорода.

Ускоренный метод предназначен для постоянных ежедневных анализов, проводимых для контроля работы очистных сооружений или состояния воды в водоеме. Результаты определения, как правило, получаются несколько ниже, чем при анализе арбитражным методом, но они достаточно хорошо воспроизводимы.

Реактивы:

Серная кислота пл. 1,84 г/см³, чда.

N-Фенилантраниливая кислота. 0,25 г кислоты растворяют в 12 см³ 0,1 н. раствора едкого натра и разбавляют водой до 250 см³.

Бихромат калия. 0,25 н. стандартный раствор. 12,258 г бихромата калия, предварительно высушенного в течение 2 ч при 105°C, растворяют в дистиллированной воде и разбавляют раствор водой до 1 дм³.

Соль Мора приблизительно 0,25 н. раствор. Растворяют 98 г соли Мора в дистиллированной воде, прибавляют 20 см³ концентрированной серной кислоты и разбавляют раствор дистиллированной водой до 1 дм³. Титр этого раствора устанавливают по стандартному раствору бихромата калия.

Ход определения. Если ХПК анализируемой воды в пределах 600-400 мг O₂/дм³, берут для анализа 1 см³ пробы, если ХПК 50-500 мг O₂/дм³, отбирают 5 см³ пробы, если ХПК выше 4000 мг O₂/дм³, пробу предварительно разбавляют, если же ХПК ниже 50 мг O₂/дм³, метод применять нельзя.

В пробу вводят 2,5 см³ 0,25 н. раствора бихромата калия, затем при перемешивании концентрированную серную кислоту (7,5 см³ на 1 см³ пробы, 15 см³ на 5 см³ пробы). При этом температура раствора поднимается выше 100°C. Через 2 мин охлаждают раствор до комнатной температуры, приливают 100 см³ дистиллированной воды, вводят 5-10 капель раствора N-фенил-антранилиевой кислоты и титруют избыток бихромата титрованным раствором соли Мора. Параллельно проводят холостой опыт. Для этого берут тот же объем дистиллированной воды и проводят анализ по вышеприведенной методике.

Расчет. Химическое поглощение кислорода (ХПК), выраженное числом миллиграммов кислорода в 1 дм³ сточной воды, вычисляют по формуле:

$$ХПК = \frac{(a - b) \cdot N \cdot 8 \cdot 1000}{V}$$

где ХПК – химическое поглощение кислорода, мг O₂/дм³;

a – объем раствора соли Мора, израсходованного на титрование в холостом опыте, см³;

- b – объем того же раствора, израсходованного на титрование пробы, см²;
 N – нормальность титрованного раствора соли Мора;
 V – объем анализируемой сточной воды, см³;
 δ – эквивалент кислорода.

Приложение 4

Определение интенсивности окраски сточных вод на основе параметров спектра поглощения

Сущность метода. Метод основан на измерении и обработке спектров поглощения сточных вод (модельных растворов) с помощью сканирующего спектрофотометра в диапазоне длин волн от 400 до 750 нм. В качестве основного исходного параметра для обработки используются данные значений оптической плотности спектра в каждой точке сканирования (количество точек задается шагом сканирования). Эти значения в виде текстового файла (с расширением ".txt") обрабатываются с помощью компьютерной программы «Окраска-мониторинг», учитывающей чувствительность человеческого глаза к различным длинам волн видимого света. В результате обработки данных компьютерная программа выдает значение интенсивности окраски исследуемого образца по степени разбавления.

Аппаратура. сканирующий спектрофотометр СФ-2000, кюветы с длиной оптического пути 50 мм, персональный компьютер.

Подготовка к работе.

Включить спектрофотометр и присоединенный к нему компьютер в сеть, дать спектрофотометру прогреться в течение 30 минут, залить в кювету холодной пробы и в рабочую кювету дистиллированную воду, выбрать и запустить программу «Сканирование» из программного обеспечения спектрофотометра, запустить процесс сканирования для снятия спектра поглощения дистиллированной воды.

Ход определения.

Освободить рабочую кювету от дистиллированной воды, залить в неё исследуемую пробу, запустить процесс сканирования для снятия спектра поглощения пробы. Если максимальная оптическая плотность полученного спектра не превышает значения 1, выбрать меню *Файл/Сохранить как...*, выбрать тип файла «Текстовые файлы», нажать кнопку «Сохранить». Запустить программу «Окраска-мониторинг», считать сохраненный текстовый файл, зафиксировать выданный программой результат обработки (интенсивность окраски). В случае, если оптическая плотность снятого спектра превышает 1, необходимо разбавить исходную пробу и повторно снять спектр. Процедуру разбавления пробы и последующего сканирования разбавленной пробы необходимо продолжать до тех пор, пока не получим спектр, оптическая плотность которого в любой точке сканирования не превышает 1. После определения интенсивности окраски раз-

бавленной пробы по вышеприведенной методике необходимо учесть кратность разбавления пробы:

$$O_{\text{иссл.пр}} = O_{\text{иссл.пр}} \cdot n_p,$$

где $O_{\text{иссл.пр}}$ – интенсивность окраски исходной пробы;

$O_{\text{разб.пр}}$ – интенсивность окраски разбавленной пробы;

n_p – кратность разбавления исходной пробы.

Приложение 5

Получение озонированной воды и определение в ней концентрации озона

Сущность метода. Суть метода заключается в дозировании озона в виде водного раствора, что позволяет сравнительно точно учитывать вводимую дозу. Озонированная вода получается путем пропускания озono-кислородной смеси в контактной колонке через дистиллированную воду. Концентрация озона в озонированной воде определяется инструментальным методом с помощью озонометра МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30). Прибор работает по принципу измерения поглощения УФ-излучения ртутной лампы на длине волны $\lambda = 255$ нм.

Аппаратура: озонометр МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30), кварцевая кювета с длиной оптического пути 10 мм, лабораторная установка для получения озонированной воды.

Подготовка к работе.

Озонированная вода получается с помощью установки, описанной в лабораторной работе №4 (рисунок 4.1).

Ход работы.

Залить в контактную колонку 1, 8 литра дистиллированной воды, запустить в работу концентратор кислорода, с помощью регулятора установить требуемый расход кислорода, включить электропитание озономеров МЕДОЗОН 254/5 и МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30), дать озономерам прогреться в течение 10 мин. Залить в кварцевую кювету озонометра МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30) дистиллированную воду, вставить кювету в кюветное отделение прибора прозрачной стороной перпендикулярно световому потоку, нажать кнопку «Эталон», при этом должен появиться звуковой сигнал. Через несколько секунд после появления звукового сигнала повторно нажать кнопку «Эталон». Включить водяное охлаждение озонатора, включить электропитание озонатора PLATON 10/2, постепенно регулятором концентрации установить требуемую концентрацию озона в озono-кислородной смеси, барботировать озono-кислородную смесь через дистиллированную воду в контактной колонке в течение 20 мин. Отобрать пробу озонированной воды из контактной колонки, заменить в кварцевой кювете озонометра МЕДОЗОН 245/8 (Ж-30) дистиллированную воду озонированной водой, вставить кювету в кюветное отделение, нажать кнопку «Измерение». На цифровом табло снять значение концентрации озона в дистиллированной воде (мг/дм^3).

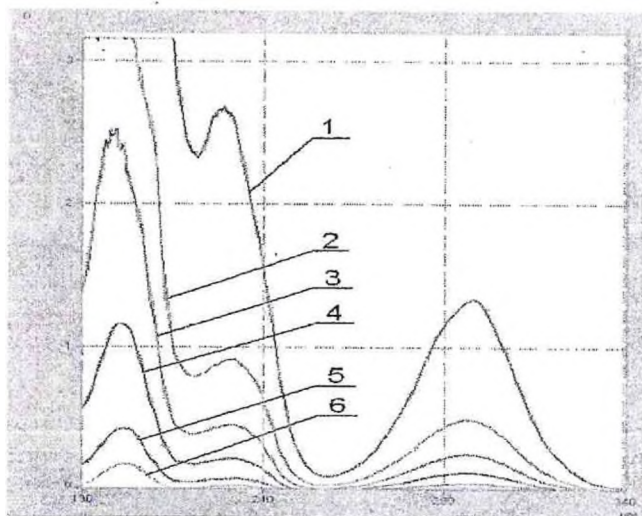
Определение концентрации ароматических соединений методом УФ-спектроскопии

Спектры поглощения органических соединений в УФ-области в зависимости от электронного строения соединения обуславливаются различными электронными переходами и состоят из нескольких максимумов поглощения на различных длинах волн при возбуждении различных электронных уровней. Существуют следующие полосы поглощения, обусловленные переходом электрона со связывающей π -орбитали на разрыхляющую π^* -орбиталь (обозначается $\pi \rightarrow \pi^*$) – **K**-полосы, **E**-полосы и **B**-полосы. **E**-полосы и **B**-полосы характерны для ароматических соединений, они обусловлены запрещенными электронными переходами в высокосимметричной молекуле бензола. Интенсивность **K**-полосы ароматических соединений наиболее высокая, однако данная полоса расположена в более дальней УФ-области (к примеру для бензола на длине волны 184 нм.). Интенсивность **E**-полосы примерно на порядок ниже чем **K**-полосы (молярный коэффициент поглощения **K**-полосы бензола – 60000, молярный коэффициент поглощения **E**-полосы бензола – 7900), но она расположена в более близкой УФ-области (для бензола на длине волны 204 нм.), что облегчает ее обнаружение с помощью кварцевой УФ-спектроскопии. **B**-полосы ароматических соединений имеют еще более низкую интенсивность (молярный коэффициент поглощения от сотен до тысяч единиц), но эти полосы находятся в области длин выше 250 нм. Именно данные полосы, несмотря на их невысокую интенсивность, наиболее подходят для идентификации ароматических и многих гетероциклических веществ в природных и сточных водах. Это обусловлено тем, что в данных водах практически всегда присутствуют различные примеси, такие как ионы тяжелых металлов (особенно железо), которые интенсивно поглощают УФ-излучение в области ниже 250 нм., тем самым перекрывая и накладываясь на **K**-полосы и **E**-полосы органических соединений.

На рисунке Пб.1 представлены спектры поглощения раствора салициловой кислоты (о-оксибензойная кислота) в дистиллированной воде при различных концентрациях в диапазоне длин волн 190...380 нм (кварцевая УФ-спектрометрия). На спектрах четко видны **K**, **E** и **B**-полосы поглощения. Видно, что **K**-полоса поглощения находится на длине волны 201 нм, **E**-полоса – на длине волны 232 нм, **B**-полоса на длине волны 298 нм. Их интенсивность определяется высотой пика. К примеру, оптическая плотность **K**-полосы спектра, соответствующего концентрации салициловой кислоты 10 мг/дм³, составляет 2,5. Оптическая плотность **E**-полосы значительно ниже, и составляет 0,45, а оптическая плотность **B**-полосы еще ниже и составляет 0,25.

Для точного фиксирования интенсивности поглощения необходимо после снятия спектра поглощения вещества с помощью программного обеспечения спектрофотометра, используя меню «обработка», выбрать «поиск экстремумов» и далее, выбрав «поиск максимумов», найти максимумы поглощения.

Для определения уровня поглощения ароматического органического соединения на *B*-полосе отметить высоту максимального пика, расположенного в диапазоне длин волн 250...350 нм.



- 1 – 50 мг/дм³;
- 2 – 20 мг/дм³;
- 3 – 10 мг/дм³;
- 4 – 5 мг/дм³;
- 5 – 2 мг/дм³;
- 6 – 1 мг/дм³.

Рис Пб.1 – Спектры поглощения салициловой кислоты в дистиллированной воде

Концентрация вещества по известному уровню поглощения (в данном случае на длине волны, соответствующей *B*-полосе) определяется из соотношения Бугера-Ламберта-Бера:

$$m = \frac{D}{\epsilon \cdot l}$$

где m – молярная концентрация, моль/дм³;

D – оптическая плотность;

ϵ – молярный коэффициент поглощения, дм³/моль·см;

l – длина пути света в образце, см.

Для перевода молярной концентрации в весовую концентрацию используется формула:

$$C = m \cdot M,$$

где C – весовая концентрация, г/дм³;

m – молярная концентрация, моль/дм³;

M – вес одного моля вещества, г/моль.

Экспликация оборудования

Поз. Обознач	Наименование	Кол	Примечание
K10.1	Мембранная обратная осмосная установка емк. 100 м ³	1	
K10.2	Насос химический X50-32-125-Е, Q=12,5м ³ /ч, H=20м	2	
K10.3	Электронный сепаратор Q=10м ³ /ч	1	ГЕЯ-178
K10.4	Смеситель	1	
K10.5	Блок очистки Q=10м ³ /ч	1	ГЕЯ-203
K10.6	Выпячивательный агрегат ТВ-800/24	1	
KВ.1	Накопитель кислотных электролитов	1	
KВ.2	Насос АХ40-25-160 Q=6,3м ³ /ч H=32м	1	
В10.1	Бак осветленной воды	1	
В10.2	Насос К50-32-160, Q=12,5м ³ /ч H=20м	2	
В10.3	Фильтр сорбционный ФОВ-1,0-0,6	2	
Р7.1	Дозатор флокулянта емк. 0,2м ³	1	ГЕЯ-189
В11.1	Бак чистой воды	1	
В11.2	Насос К50-32-125, Q=12,5м ³ /ч H=20м	2	
О1.1	Илопластитель	1	
О1.2	Насос песковой ПР12,5/12,5 Q=12,5м ³ /ч H=12,5м	1	
О1.3	Вакуум-фильтр БОН1-1-1к	1	
О1.4	Ресивер Ф-700 емк. 0,63 м ³	1	
О1.5	Вакуум-насос ВВН1-1,5М Q=1,5м ³ /мин N=4кВт	1	
Р4.1	Шаровая мельница	1	ГЕЯ-11
Р2.1	Статический гальванокорректор с рецикловым баком	1	
Р2.2	Насос X65-50-125-Е, Q=25м ³ /ч, H=20м	2	
Р1.1	Бак растворения щелочи и магнезия емк. 1м ³	1	
Р1.2	Насос АХ40-25-160-А, Q=6,3м ³ /ч, H=32м	1	
Р1.3	Дозатор щелочи емк. 0,2м ³	1	
Р3.2	Насос пневмоприводной М 025 PLASTIC	1	
Р5.1	Бак регенерационного раствора щелочи(магнезия) емк. 3 м ³	1	
Р5.2	Насос КМ50-32-125 Q=12,5м ³ /ч, H=20м	1	
Р3.1	Дозатор кислоты емк. 0,2м ³	1	

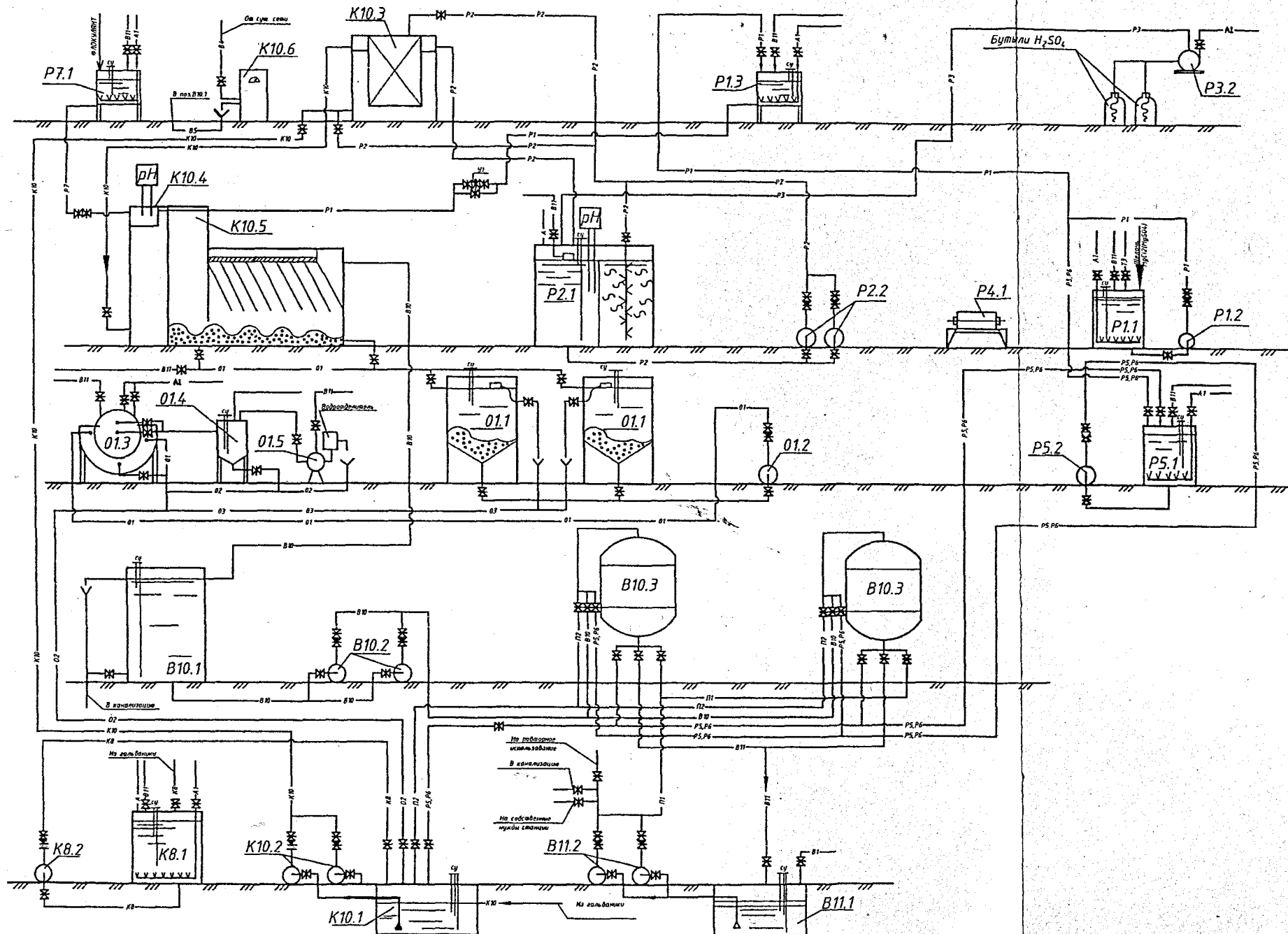
Условные обозначения

- P2 — Трубопровод раствора коагулянта
- P3 — Трубопровод раствора кислоты
- O1 — Трубопровод осадка
- O2 — Трубопровод фильтрата
- O3 — Трубопровод декантата
- A1 — Трубопровод сжатого воздуха
- A — Трубопровод связи с атмосферой
- P5, P6 — Трубопровод подачи регенерационных растворов щелочи или хлористого магния $MgCl_2(MgSO_4)$
- KB — Трубопровод кислщелочных электролитов
- B4, B5 — Трубопровод обратной воды-подающий и обратный
- K10 — Трубопровод промывных кислщелочных и хромсодержащих стоков
- П2 — Трубопровод отвода промывной воды
- П1 — Трубопровод промывки фильтров
- B10 — Трубопровод осветленной воды
- B11 — Трубопровод чистой воды
- P1 — Трубопровод раствора щелочи
- P7 — Трубопровод раствора флокулянта
- В1 — Трубопровод производственного водопровода
- СЧ — Сигнализатор уровня

ЛИТЕРАТУРА

1. Канализация. Наружные сети и сооружения: СНиП 2.04.03–84. Строительные нормы и правила. – М.: ЦИТП, 1986. – 72 с.
2. Водостводящие системы промышленных предприятий: учеб. для вузов / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов; под ред. С.В. Яковлева. – М.: Стройиздат, 1990. – 511 с.
3. Канализация населенных мест и промышленных предприятий/ Н.И. Лихачев, И.И. Ларин, С.А. Хаскин [и др.]; под ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с. – (Справочник проектировщика)
4. Жуков, А.И. Канализация промышленных предприятий / А.И. Жуков, Л.Г. Демидов, И.Л. Монгайт, И.Д. Родзиллер. – М.: Стройиздат, 1969. – 375 с.

Технологическая схема очистки гальванических стоков ПРУП "Брестский электротехнический завод"



СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Лабораторная работа №1. Нейтрализация сточных вод.....	4
Лабораторная работа №2. Очистка сточных вод от соединений хрома химическим методом.....	7
Лабораторная работа №3. Оценка технологической эффективности работы городских сооружений биологической очистки.....	11
Лабораторная работа №4. Снижение интенсивности окраски сточных вод предприятий легкой промышленности озонированием.....	16
Лабораторная работа №5. Очистка производственных сточных вод от стойких органических загрязнений озонированием.....	20
Лабораторная работа №6. Изучение технологической схемы очистки гальванических стоков методом электрокоагуляции.....	24
Приложение 1. Определение pH электрометрическим методом.....	28
Приложение 2. Фотометрический метод определения шестивалентного хрома с дифенилкарбазидом.....	29
Приложение 3. Бихроматный ускоренный метод определения ХПК.....	30
Приложение 4. Определение интенсивности окраски сточных вод на основе параметров спектра поглощения.....	32
Приложение 5. Получение озонированной воды и определение в ней концентрации озона.....	33
Приложение 6. Определение концентрации ароматических соединений методом УФ-спектроскопии.....	34
Приложение 7. Технологическая схема очистки гальваносточков.....	36
Литература.....	38

Учебное издание

Составители:

Белов Сергей Григорьевич
Науменко Людмила Евгеньевна
Акулич Татьяна Ивановна
Наумчик Григорий Остапович

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Технология очистки производственных сточных вод»
для студентов специальности 1-70 04 03
«Водоснабжение, водоотведение и охрана водных ресурсов»,
специализации 1-70 04 03 03 «Очистка природных и сточных вод»

Ответственный за выпуск: **Акулич Т.И.**
Редактор: **Строкач Т.В.**
Компьютерная верстка: **Кармаш Е.Л.**
Корректор: **Никитчик Е.В.**

Подписано к печати 01.02.2011 г. Формат 60x84 ¹/₁₆ Бумага «Снегурочка».
Гарнитура Times New Roman. Усл. п.л. 2,33. Уч.-изд. л. 2,5. Заказ № 119.
Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования
«Брестский государственный технический университет».
224017, г. Брест, ул. Московская, 267.