

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ РАСТИТЕЛЬНЫХ
ПОЛИМЕРОВ»

Кафедра охраны окружающей среды и рационального использования
природных ресурсов

**Теоретические основы очистки
и обезвреживания выбросов и сбросов
(охрана гидросферы)**

**Методические указания
для выполнения контрольных работ**

Факультет - заочный

**Специальность – 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное
использование природных ресурсов»**

Санкт-Петербург

2012

УДК 643.3:59

Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов (охрана гидросферы): методические указания для выполнения контрольных работ / сост. Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон; СПбГТУ РП. - СПб., 2012. - 12 с.

Методические указания состоят из контрольных вопросов и задач в соответствии с рабочими программами дисциплин «Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов» (охрана гидросферы) и «Теоретические основы ресурсосбережения и охраны окружающей среды» (охрана гидросферы).

Предназначаются для студентов заочной формы обучения по специальности 280201 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» и направлению 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии».

Рецензент: профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПб ГТУ РП, канд. техн. наук Л.М. Исянов.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов СПб ГТУ РП (протокол № 8 от 16 мая 2012 г.).

Утверждены к изданию методической комиссией инженерно-экологического факультета СПб ГТУ РП (протокол № 9 от 26.06.12)

Корректор Т.А. Смирнова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2012г., поз. 66

Подп. к печати 13.07.12. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1.
Печать офсетная. Объем 0,75 п.л.; 0,75 уч.-изд. л. Тираж 100 экз.
Изд. № 66. Цена «С».

Ризограф Санкт-Петербургского государственного технологического университета растительных полимеров, 198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.

© Санкт-Петербургский
государственный технологический
университет растительных полимеров, 2012

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Приведите классификацию примесей и загрязнений воды на основе фазово-дисперсного состояния. Какова роль этой классификации в очистке стоков?
2. Что такое коагуляция и гетерокоагуляция?
3. Какие виды устойчивости дисперсных систем Вы знаете?
4. На чем базируется теория агрегативной и седиментационной устойчивости гидрофобных систем?
5. Что такое флокуляция и какова ее роль в процессе очистки воды?
6. Приведите классификацию флокулянтов с примерами.
7. На чем базируется теория процесса флотационной очистки воды от примесей?
8. Что такое молекулярная адсорбция и какова ее роль в процессе очистки воды от примесей?
9. Приведите классификацию адсорбционных материалов с примерами.
10. Что такое ионный обмен и какова его роль в процессе очистки воды?
11. Приведите классификацию ионообменных материалов с примерами.
12. Что такое электродиализ? Какова роль мембраны в этом процессе?
13. Что такое ультрафильтрация и обратный осмос?
14. Назовите и дайте краткую характеристику микробиологических процессов, в результате которых осуществляется превращение соединений углерода в окружающей среде и в сооружениях биологической очистки сточных вод.
15. Следствием каких причин может быть эвтрофикация водоемов?
16. Могут ли одновременно протекать процессы нитрификации и денитрификации? (ответ обоснуйте).

17. Возможно ли протекание процесса биовосстановления сульфатов (сульфатредукции) в аэробных условиях? Тот же вопрос – при анаэробных условиях, но при отсутствии в воде органических веществ.

18. В чем принцип биологической очистки сточных вод методом химического мутагенеза?

19. Дайте определение и сравните количественно показатели БПК₅, БПК_{полн}, ХПК (что больше и почему).

Примечания к контрольным вопросам. Ответы на все 19 контрольных вопросов даются в письменном виде (кратко, с рисунками и после изучения рекомендуемых пособий).

Примечание к задачам. Номер варианта задачи выбирается по последней цифре номера зачетной книжке (если в номере зачетной книжки последняя цифра «0», то выполняется вариант 10).

Для выполнения заданий используется литература [1, 2].

Варианты задач

1. Рассчитать кажущийся выход по току ($\eta_{\text{каж}}$) процесса электролиза при условиях, табл.1.

Таблица 1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_0 , г-экв/дм ³	0,1	0,1	0,01	0,01	0,015	0,1	0,08	0,12	0,15	0,2
C_t , г-экв/дм ³	0,01	0,02	0,001	0,002	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
V , дм ³	1	0,9	1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7	0,4	0,6
I , А	0,1	0,2	0,07	0,1	0,15	0,08	0,9	0,9	0,15	0,2
t , час	50	25	10	5	4	40	30	40	25	30

Примечание. Расчет выполнять по формуле (3.27), см [1], с. 54 или (1.31), см. [2], с.40.

2. Рассчитать работу адгезии частицы (W_a) загрязнения воды к газовому пузырьку при заданном угле смачивания (θ) и поверхностном натяжении сточной воды ($\sigma_{жг}$). Сделать вывод о гидрофильности/гидрофобности частицы, табл.2.

Таблица 2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
θ , град	10	15	90	23	110	60	44	23	120	73
$\sigma_{жг}$, эрг/см ²	52	50	50	60	54	56	47	69	49	52

Примечание. Расчет выполнять по формуле (3.18), см [1], с. 45 или (1.22), см. [2], с. 33.

3. Рассчитать величину осмотического давления в системе «водный раствор – мембрана – вода», если заданы весовая концентрация растворенного вещества (C_b), его молекулярная масса (M_b) и температура раствора (T), табл.3.

Таблица 3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_b , кг/м ³	50	25	12	17	5	6	5	3	100	75
M_b , кг/моль	0,05	0,048	0,168	0,100	0,052	0,048	0,036	0,046	0,05	0,025
T , °C	20	22	18	17	15	16	19	27	12	25

Примечание. Расчет выполнять по формуле (3.28), см [1], с.56 или (1.32), см. [2], с.41.

4. а) Какое количество фотосинтезирующих микроорганизмов может образоваться в водоеме в результате сброса сточных вод (объем стоков – $V_{св}$), содержащих азот и фосфор фосфатов в концентрациях C_N , C_P , табл.4?
- б) Какой будет остаточная концентрация растворенного кислорода в водоеме (объем водоема – V_b) при исходной концентрации 7 мг/л, если биомасса образовавшихся фотосинтезирующих микроорганизмов подвергнется аэробному биоокислению на $\mathcal{E}_{ок}$, %?

в) Какое количество энергии выделится в процессе аэробного окисления биомассы?

Таблица 4

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_{с.в.}, \text{ м}^3$	100	200	500	1000	2000	15000	20000	20000	50000	10^5
$C_N, \text{ мг/л}$	100	80	60	50	50	40	30	20	15	15
$C_P, \text{ мг/л}$	10	20	30	5	15	10	5	10	15	5
$V_B, \text{ м}^3$	10^4	3×10^4	5×10^4	2×10^5	2×10^6	10^6	10^6	10^6	3×10^6	10^7
$\mathcal{E}_{ок}, \%$	35	40	45	50	55	60	50	45	40	35

Примечание. При расчете по пункту 4 а содержание азота и фосфора в биомассе принять согласно [2], с. 65. В расчетах по пунктам 4 б и 4 в кислородный эквивалент и энергосодержание биомассы принять, соответственно, 1.33 кгO₂/кг биомассы и 4.5 ккал/г биомассы, см. [2], с. 65. Влиянием других процессов (реаэрация, химическое окисление, нитрификация) на концентрацию растворенного кислорода пренебречь.

5. Рассчитать концентрацию сероводорода, образующегося в анаэробных зонах сооружений биологической очистки в результате сульфатредукции, при следующих условиях, табл.5:

- концентрация сульфатов в сточной воде – C_0 , мг/л;
- эффективность сульфатредукции – $\mathcal{E}_с$, %.

Таблица 5

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_0, \text{ мг/л}$	100	200	300	400	500	600	200	100	80	50
$\mathcal{E}_с, \%$	10	10	8	5	15	20	15	5	20	10

Примечание. Расчет выполнять по реакции биоокисления органических веществ сульфатами, см. [2], с. 56.

6. Оценить максимальное уменьшение концентрации растворенного кислорода в водоеме (объем водоема – V_B) при сбросе сточных вод (объем стоков – $V_{св}$) с БПК_{полн}, равным S , табл.6.

Таблица 6

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_B, \text{ м}^3$	10^6	10^7	10^7	10^6	10^6	10^5	10^5	10^6	10^5	10^7
$V_{CB}, \text{ м}^3$	10^4	2×10^5	10^5	5×10^3	2×10^4	10^4	10^3	2×10^5	5×10^3	10^4
$S, \text{ мгО}_2/\text{л}$	100	80	60	50	40	30	20	10	10	6

Примечание. Энергетический коэффициент Z принять равным $1 \text{ гО}_2/\text{гБПК}_{\text{полн}}$, см. [2], с. 58.

Приростом биомассы пренебречь (принять $\Delta X=0$ в уравнении 2.36.[2],с.65).

Примеры расчета

ЗАДАЧА № 1

Рассчитать кажущийся выход по току ($\eta_{\text{каж}}$) процесса электролиза.

Исходные данные:

$$C_0 = 0.1, \text{ г-экв/дм}^3$$

$$C_t = 0.005, \text{ г-экв/дм}^3$$

$$V = 1.1, \text{ дм}^3$$

$$I = 0.1, \text{ А}$$

$$t = 45, \text{ ч}$$

Найти:

$$\eta_{\text{каж}}$$

Расчет:

$$\eta_{\text{каж}} = \frac{(c_0 - c_t) \times V \times 96500}{I \times t} \times 100 \%,$$

где C_0 и C_t - концентрации удаляемого иона, соответственно, до и после диализа, г-экв/дм³;

V - объем камер обессоливания, дм³;

I - сила тока, А ;

t - длительность электролиза, с.

$$\eta_{\text{каж}} = \frac{(0.1 - 0.005) \times 1.1 \times 96500}{0.1 \times 45 \times 3600} \times 100\% = 62 \%$$

ЗАДАЧА № 2

Рассчитать работу адгезии частицы загрязнения воды к газовому пузырьку. Сделать вывод о гидрофильности/гидрофобности частицы.

Исходные данные:

$$\theta = 100, \text{ град.}$$

$$\sigma_{\text{жг}} = 51, \text{ эрг/см}^2$$

Найти:

W_a

Расчет:

$$W_a = \sigma_{жг} (1 - \cos\theta) \text{ эрг/см}^2;$$

где θ - краевой угол или угол смачивания, град.;

$\sigma_{жг}$ - пограничное натяжение на границе фаз жидкость-газ, эрг/см²;

W_a - работа адгезии, эрг/см².

$$W_a = 51 \times (1 - \cos 100) = 7.02, \text{ эрг/см}^2$$

Если $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ – поверхность называется гидрофильной.

В случае $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ – поверхность называется гидрофобной.

Частица гидрофобная.

ЗАДАЧА № 3

Рассчитать величину осмотического давления в системе «водный раствор – мембрана – вода».

Исходные данные:

$$C_B = 30, \text{ кг/м}^3$$

$$M_B = 0.1, \text{ кг/моль}$$

$$T = 23, \text{ }^\circ\text{C}$$

Найти:

Π

Расчет:

$$\Pi = \Delta c \times R \times T,$$

где Δc - разность концентраций между камерами, моль/м³;

R - универсальная газовая постоянная, 8.314 Дж/моль·К;

T - абсолютная температура, К.

$$\Pi = \frac{C_B}{M_B} \times R \times (T + 273) = 738.3 \text{ кДж}.$$

ЗАДАЧА № 4

а) Какое количество фотосинтезирующих микроорганизмов может образоваться в водоеме в результате сброса сточных вод?

б) Какой будет остаточная концентрация растворенного кислорода в водоеме?

в) Какое количество энергии выделится в процессе аэробного окисления биомассы?

Исходные данные:

$$V_{CB} = 1500, \text{ м}^3$$

$$C_N = 45, \text{ мг/л}$$

$$C_P = 12, \text{ мг/л}$$

$$V_B = 10^5, \text{ м}^3$$

$$\mathcal{E}_{ок} = 60, \%$$

Найти:

а) m_{MO}

б) $C_{O_2 \text{ ост.}}$

в) E

Расчет:

а) По [2] принимаем содержание азота в биомассе – 8,9 %.

Пусть весь азот переходит в биомассу, тогда масса микроорганизмов, которая может образоваться в водоеме, будет равна:

$$m_{MO} = \frac{C_N \times V_{CB} \times 100}{8.9},$$

где m_{MO} – масса микроорганизмов, г;

C_N - концентрация азота в сточной воде, мг/л;

V_{CB} – объем сточных вод, м^3 .

$$m_{MO} = \frac{45 \times 1500 \times 100}{8.9} = 758427 \text{ г} = 758 \text{ кг}.$$

б) Количество кислорода, пошедшее на аэробное биоокисление рассчитывается исходя из массы микроорганизмов, которые подверглись аэробному биоокислению, и кислородного эквивалента биомассы по формуле:

$$m_{O_2} = m_{MO} \times \frac{\mathcal{E}_{ок}}{100} \times \nu_X,$$

где m_{MO} – масса микроорганизмов, кг;

$\mathcal{E}_{ок}$ - эффективность аэробного биоокисления, %;

ν_X – кислородный эквивалент, 1.33 $\text{кгO}_2/\text{кг}$ биомассы.

$$m_{O_2} = 758 \times \frac{60}{100} \times 1.33 = 605 \text{ кгO}_2.$$

Остаточная концентрация растворенного кислорода рассчитывается как разность между исходным количеством кислорода в водоеме и количеством кислорода, израсходованного на биоокисление, по формуле:

$$C_{O_2 \text{ ост.}} = \frac{(C_{O_2} \times V_B - m_{O_2} \times 10^3)}{V_B + V_{CB}},$$

где C_{O_2} – концентрация кислорода в водоеме, мг/л ;

V_B - объем водоема, m^3 ;

m_{O_2} – количество кислорода, пошедшее на биоокисление, кг.

$$C_{O_2\text{ост.}} = \frac{(7 \times 10^5 - 605 \times 10^3)}{10^5 + 1500} = 0.001 \text{ мг / л.}$$

в) Количество энергии, выделившейся в процессе аэробного окисления биомассы, рассчитывается по формуле:

$$E = m_{MO} \times \frac{\mathcal{E}_{OK}}{100} \times 4.5,$$

где m_{MO} – масса микроорганизмов, г;

4,5 – энергосодержание биомассы, ккал/г.

$$E = 758427 \times \frac{60}{100} \times 4.5 = 2047753 \text{ ккал} = 2.04 \text{ Гкал.}$$

ЗАДАЧА № 5

Рассчитать концентрацию сероводорода, образующегося в анаэробных зонах сооружений биологической очистки в результате сульфатредукции.

Исходные данные:

$$C_0 = 350, \text{ мг/л}$$

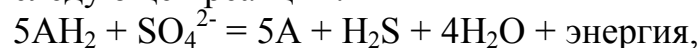
$$\mathcal{E}_c = 18, \%$$

Найти:

$$C_{H_2S}$$

Расчет:

Окисление органических веществ с помощью сульфатов используют сульфатвосстанавливающие бактерии с выделением сероводорода по следующей реакции:



где A_nH_2 - органическое вещество.

Количество сульфатов, участвующих в сульфатредукции, рассчитывается по формуле:

$$C_{SO_4} = C_0 \times \frac{\mathcal{E}_c}{100},$$

где C_0 - концентрация сульфатов в сточной воде, мг/л;

\mathcal{E}_c - эффективность сульфатредукции, %.

$$C_{SO_4} = 350 \times \frac{18}{100} = 63 \text{ мг / л.}$$

Из уравнения реакции видно, что на 1 моль сульфат иона образуется 1 моль сероводорода.

Концентрация сероводорода тогда рассчитывается по формуле:

$$C_{H_2S} = \frac{C_{SO_4}}{M_{SO_4}} \times M_{H_2S},$$

где C_{H_2S} - концентрация сероводорода, мг/л;
 M_{H_2S} – молярная масса сероводорода, 34 г/моль;
 M_{SO_4} – молярная масса сульфат иона, 96 г/моль.

$$C_{H_2S} = \frac{63}{96} \times 34 = 22.3 \text{ мг / л.}$$

ЗАДАЧА № 6

Оценить максимальное уменьшение концентрации растворенного кислорода в водоеме при сбросе сточных вод.

Исходные данные:

$$V_B = 10^8, \text{ м}^3$$

$$V_{CB} = 10^3, \text{ м}^3$$

$$S = 70, \text{ мг O}_2/\text{л}$$

Найти:

$$\Delta C_{O_2}$$

Расчет:

Удельное потребление кислорода или энергетический коэффициент Z является количественной характеристикой энергетического обмена у аэробных микроорганизмов и выражается уравнением:

$$Z = \frac{\Delta O_2}{\Delta S},$$

где ΔO_2 – количество потребленного аэробными микроорганизмами кислорода, мг O_2 /л;

ΔS - количество потребленного микроорганизмами субстрата, мг/л.

По условию задачи принимаем $Z = 1$ и $\Delta X = 0$,

тогда максимальное уменьшение концентрации растворенного кислорода можно рассчитать по формуле:

$$\Delta O_2 = \frac{S \times V_{CB}}{V_{CB} + V_B},$$

где S – концентрация субстрата в сточной воде, мг O_2 /л;

V_B – объем водоема, м³;

V_{CB} - объем сточных вод, м³.

$$\Delta O_2 = \frac{70 \times 10^3}{10^3 + 10^8} = 0.0007 \text{ мг / л}.$$

Библиографический список

1. Николаев А.Н., Чернобережский Ю.М. Теоретические основы охраны окружающей среды (охрана водных объектов.): учебное пособие/СПб., СПбТИ ЦБП, 1992 - 86 с.
2. Чернобережский Ю.М., Николаев А.Н., Вольф И.В. Основы микробиологии и химии воды: учебное пособие. – Л.:ЛТА,1988.-83с.