

ХЛОБЖЕВА И.Н., СОКОЛОВА Н.А.

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

учебно-методическое пособие
к лабораторным и практическим занятиям

Волжский

2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
ВОЛЖСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ФИЛИАЛ)
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОЛГОГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

И.Н. ХЛОБЖЕВА, Н.А. СОКОЛОВА

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

*Электронное учебно-методическое пособие
к лабораторным и практическим занятиям*



2019

УДК 502(07)
ББК 20.1Я73
Х 57

Рецензенты:
технолог ООО «Комет», канд. тех. наук
Провоторова Д.А.,
к.б.н., доцент кафедры «Экологии и природопользования», зам.декана
географического факультета ФБГОУ ВО МПГУ
Гамага В.В.

Издается по решению редакционно-издательского совета
Волгоградского государственного технического университета

Хлобжева, И.Н.
Промышленная экология [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие к лабораторным и практическим занятиям / И.Н. Хлобжева, Н.А. Соколова ; ВПИ (филиал) ВолгГТУ, – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 776 Кб). – Волжский, 2019. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.
ISBN 978-5-9948-3307-0

Учебное пособие содержит описание и методики выполнения лабораторных работ по курсу промышленная экология, задачи по разделам курса, тесты для самоконтроля знаний, а также вопросы к итоговому контролю.

Ил. 2, табл. 12, библиограф.: 11 назв.

ISBN 978-5-9948-3307-0

© Волгоградский государственный
технический университет, 2019
© Волжский политехнический
институт, 2019

Содержание	Стр.
Лабораторная работа №1	4
Расчет оборудования для очистки отходящих газов от примесей.	
Лабораторная работа № 2	14
Определение качества воды по результатам ее суммарной оценки	
Лабораторная работа № 3	19
Расчет оборудования для механической очистки сточных вод	
Лабораторная работа 4	26
Расчет оборудования для биологической очистки сточных вод	
Лабораторная работа № 5	36
Определение загрязнений. Отходы производства и потребления.	
Классы опасности вредных веществ	
Тесты для самоконтроля знаний	45
Задачи к практическим занятиям	57
Вопросы к итоговому контролю	61
Литература	63

Лабораторная работа 1

Расчет оборудования для очистки отходящих газов от примесей

Цель работы: Ознакомиться с основными методами очистки отходящих газов от твердых примесей. Произвести расчет очистительных устройств и сделать вывод об их эффективности.

Основные положения

Основным направлением снижения поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух является разработка и внедрение эффективных систем очистки отходящих газов.

Для обеззараживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы. Кроме того, аппараты отличаются друг от друга как по конструкции, так и по принципу осаждения взвешенных частиц. В основе работы сухих аппаратов лежат гравитационные, инерционные и центробежные механизмы осаждения или фильтрационные механизмы. В мокрых пылеуловителях осуществляется контакт запыленных газов с жидкостью. При этом осаждение происходит на капле, на поверхности газовых пузырей или на пленке жидкости. В электрофильтрах отделение заряженных частиц аэрозоля происходит на осадительных электродах. Выбор метода и аппарата для улавливания аэрозолей, в первую очередь, зависит от их дисперсного состава, который представлен в таблице 1.

Таблица 1.- Дисперсный состав загрязнений

Размер частиц, мкм	Аппараты	Размер частиц, мкм	Аппараты
40-1000	Пылеосадительные камеры	20-100	Скрубберы
20-1000	Циклоны: Диаметром 1-2 м	0,9-100	Тканевые фильтры
5-1000	Диаметром 1 м	0,05-100	Волокнистые фильтры
		0,01-10	Электрофильтры

К сухим механическим пылеуловителям относят аппараты, в которых использованы различные механизмы осаждения: гравитационные (пылеосадительные камеры), инерционные и центробежные (циклоны и динамические пылеуловители). Перечисленные аппараты отличаются простотой изготовления и эксплуатации, их достаточно широко используют в промышленности. Однако эффективность улавливания в них пыли не всегда оказывается достаточной, в связи с чем они часто выполняют роль аппаратов предварительной очистки.

Инерционные пылеуловители. При резком изменении направления движения газового потока частицы пыли под воздействием инерционной силы будут стремиться двигаться в прежнем направлении и после поворота потока газов выпадают в бункер. Эффективность этих аппаратов небольшая.

Жалюзийные аппараты. Эти аппараты имеют жалюзийную решетку, состоящую из ряда пластин или колец. Очищаемый газ, проходя решетку, делает резкие повороты. Пылевые частицы вследствие инерции стремятся сохранить первоначальное направление, что приводит к отделению крупных частиц газового потока, тому же способствуют их удары о наклонные плоскости решетки, от которых они отражаются и отскакивают в сторону от щелей между лопастями жалюзи. В результате, газы делятся на два потока. Пыль, в основном, содержится в потоке, который отсасывают и отправляют в циклон.

Циклоны. Принцип работы заключается в следующем: газ вращается внутри циклона, двигаясь сверху вниз, а затем движется вверх. Частицы пыли отбрасываются центробежной силой к стенке. Обычно в них центробежное ускорение в несколько, а то и тысячу раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, а под влиянием центробежной силы движутся к стенке.

Вихревые пылеуловители. Основное отличие от циклонов состоит в наличие вспомогательного закручивающего газового потока. В аппарате соплового типа запыленный газовый поток закручивается лопаточным завихрителем и движется вверх, подвергаясь при этом воздействию трех струй вторичного газа, вытекающих из тангенциально расположенных сопел. Вихревой пылеуловитель лопаточного типа отличается тем, что вторичный газ отбирается с периферии очищаемого газа и подается кольцевым направляющим аппаратом с наклонными лопатками. В качестве вторичного газа можно использовать свежий атмосферный воздух, часть очищенного газа или запыленные газы.

Динамические пылеуловители. Очистка газов от пыли осуществляется за счет центробежных сил и сил Кориолиса, возникающих при вращении рабочего колеса тягодутьевого устройства. Эти пылеуловители потребляют больше энергии, чем обычный вентилятор с идентичными параметрами по производительности и напору.

Фильтры. В основе работы пористых фильтров всех типов лежит процесс фильтрации газа через пористую перегородку, в ходе которого твердые частицы задерживаются, а газ полностью проходит сквозь нее. Фильтрующие перегородки, в основном, состоят из волокнистых или зернистых элементов и условно подразделяются на следующие типы:

- гибкие пористые перегородки – тканевые материалы из природных, синтетических или минеральных волокон; не тканевые волокнистые материалы и ячеистые листы;
- полужесткие пористые перегородки – слои волокон, стружка, вязаные сетки, расположенные на опорных устройствах или зажатые между ними;
- жесткие пористые перегородки – зернистые материалы, волокнистые материалы (стеклянные и металлические волокна); металлические сетки и перфорированные листы.

В процессе очистки запыленного газа частицы приближаются к волокнистой поверхности или к поверхности зерен материала, сталкиваются с ним и осаждаются в результате действия сил диффузии, инерции и электростатического притяжения. Уловленные частицы накапливаются в порах или образуют пылевой слой на поверхности перегородки, и таким образом сами становятся для вновь поступающих частиц частью фильтрующей среды.

В зависимости от назначения и величины входной и выходной концентрации фильтры условно разделяют на три класса:

1. фильтры тонкой очистки – предназначены для улавливания из промышленных газов частиц с низкой входной концентрацией до 1 мг/м^3 (степень очистки до 99%) и для улавливания токсичных частиц;

2. воздушные фильтры – используют в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха, работают при концентрации пыли менее 50 мг/м^3 ;

3. промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые) – применяют для очистки промышленных газов концентрацией до 60 г/м^3 .

Тканевые фильтры имеют наибольшее распространение, поскольку возможности их использования расширяются с созданием новых температуростойких и устойчивых к воздействию агрессивных газов тканей. Фильтрующий элемент волокнистые фильтры состоит из одного или нескольких слоев, в которых однородно распределены волокна. Это фильтры объемного действия, т.к. они рассчитаны на улавливание и накопление частиц преимущественно по всей глубине слоя. Для этих фильтров используют естественные или специально получаемые волокна толщиной от 0,01 до 100 мкм. Зернистые фильтры применяются для очистки высокотемпературных газов и с агрессивной средой.

Мокрые пылеуловители имеют следующие преимущества перед сухими пылеуловителями: небольшая стоимость и более высокая эффективность улавливания взвешенных частиц; возможность их использования для очистки газов с частицами размером до 0,1 мкм; возможность очистки газов от частиц при высокой температуре и повышенной влажности, а также при опасности возгорания и взрывов очищенных газов и уловленной пыли; возможность одновременно улавливать и пыль, и парообразные, и газообразные компоненты.

Однако у этих методов имеются недостатки: выделение уловленной пыли в виде шлама, что связано с необходимостью очистки сточных вод; возможность уноса капель жидкости и осаждение их с пылью в газоходах и дымососах; в случае очистки агрессивных газов необходимость защищать аппаратуру от коррозии.

Механизм очистки в мокрых пылеуловителях состоит в следующем: в результате контакта запыленного газового потока с жидкостью образуется межфазная поверхность контакта, которая состоит из газовых пузырьков,

газовых струй, жидкостных струй, капель, пленок жидкости, где и происходит улавливание взвешенных частиц. В качестве орошаемой жидкости используется вода. В зависимости от поверхности контакта или способа действия их подразделяют на следующие виды: полые газопромыватели, насадочные скрубберы, тарельчатые (барботажные и пенные), с подвижной насадкой, ударно-инерционного типа (ротоклоны), центробежного действия, механические газопромыватели, скоростные газопромыватели (сребберы Вентури и эжекторные).

В электрофильтрах очистка газов происходит под действием электрических сил. В процессе ионизации молекул газов электрическим разрядом происходит заряд содержащихся в них частиц (коронирующий электрод). Ионы адсорбируются на поверхности пылинок, а затем под действием электрического поля перемещаются к осадительным электродам.

Улавливание туманов. Туманы образуются вследствие термической конденсации паров или в результате химического взаимодействия веществ, находящихся в аэродисперсной системе. Для их улавливания применяют волокнистые и сеточные фильтры-туманоуловители и мокрые электрофильтры. Принцип действия волокнистых фильтров-туманоуловителей основан на захвате частиц жидкости волокнами при пропускании туманов через волокнистый слой. При контакте с поверхностью волокна происходит коалесценция уловленных частиц и образование пленки жидкости, которая движется внутри слоя волокна и затем распадается на отдельные капли, которые удаляются с фильтра. Достоинства фильтров: высокая эффективность улавливания, надежность в работе, простота конструкции, монтажа и обслуживания. Недостатки: возможность быстрого зарастания при значительном содержании в тумане твердых частиц или при образовании нерастворимых солей вследствие взаимодействия солей жесткости воды с газами.

Расчетная часть

Циклоны применяются для сравнительно грубой очистки пылей и туманов. В них осаждение взвешенных в газовом потоке частиц происходит в поле центробежных сил. Эти аппараты наиболее распространены в промышленности. Они имеют следующие достоинства: отсутствие движущихся частей аппарате; надежность работы при температурах газов вплоть до 500 С; возможность улавливания абразивных материалов при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями; улавливание пыли в сухом виде; почти постоянное гидравлическое сопротивление аппарата; успешная работа при высоких давлениях газов; простота изготовления; сохранение высокой фракционной эффективности очистки при увеличении запыленности газов. Общими недостатками являются: высокое гидравлическое сопротивление 1250-1500 Па; плохое улавливание частиц размером меньше 5 мкм; невозможность использования для очистки газов от мелких загрязнений; быстрое истирание стенок пылью.

Конструкции циклонов, применяемых в промышленности, многочисленны, но однотипны. Наиболее распространены циклоны НИОГАЗ, но также применяются циклоны ВТИ и ЦККБ. При больших расходах очищаемых газов применяют групповую компоновку аппаратов. Это позволяет не увеличивать диаметр циклона, что положительно сказывается на эффективности очистки. Для очистки газов с размером частиц менее 5 мкм используют батарейные циклоны, представляющие собой объединение большого числа малых циклонов (мультициклонов) в группу. Снижение диаметра элемента способствует увеличению степени очистки.

При осаждении частиц в поле центробежных сил в условиях, соответствующих закону Стокса, при значении $Re < 0,2$, теоретическую скорость рассчитывают по формуле:

$$w = \frac{d_c^2 \cdot (\rho_c - \rho_v) \cdot \Phi_p}{18 \cdot \mu_v},$$

где d_c - диаметр частиц, м; ρ_c и ρ_v - плотность частиц и воздуха, кг/м³; μ_v - динамическая вязкость воздуха кг с/м²; Φ_p - фактор разделения

$$\Phi = \frac{2 \cdot w_d^2}{g \cdot D},$$

где w – окружная скорость воздуха, м/с (12-14 м/с); g – ускорение свободного падения, м/с²; D – диаметр циклона, м (табл. 1).

Диаметром циклона следует предварительно задаваться, а затем проверять его последующим расчетом. При его выборе можно руководствоваться данными табл. 2 и схемы 1, где приведены ориентирующие соотношения основных размеров циклона, отнесенные к ширине входного патрубка b (или к диаметру циклона D).

Таблица 2. - Основные размеры циклонов

Наименование размера	ЦККБ		ВТИ		НИОГАЗ	
	b	$0,175D$	b	$0,17D$	b	$0,21D$
Ширина входного патрубка, b	b	$0,175D$	b	$0,17D$	b	$0,21D$
Высота входного патрубка, h	$2,0b$	$0,35D$	$4,0b$	$0,68D$	$3,14b$	$0,66D$
Диаметр циклона, D	$5,7b$	D	$5,9b$	D	$4,75b$	D
Диаметр выхлопной трубы, D_1	$3,7b$	$0,65D$	$3,9b$	$0,66D$	$2,75b$	$0,58D$
Высота цилиндрической части, h_1	$5,7b$	D	$4,7b$	$0,8D$	$7,6b$	$1,6D$
Высота конической части, h_2	$4,3b$	$0,755D$	$5,05b$	$0,86D$	$9,5b$	$2,0D$

1. Площадь сечения входного патрубка

$$\text{для НИОГАЗ - } f = b \cdot h = \frac{V_{\text{сек}}}{w_{\text{вх}}}$$

$$\text{для ВТИ - } f = 4 b^2 = \frac{V_{\text{сек}}}{w_{\text{вх}}},$$

где $V_{\text{сек}}$ - объем газа, поступающего в циклон, м/сек; $w_{\text{вх}}$ - скорость во входном патрубке циклона (20 м/с).

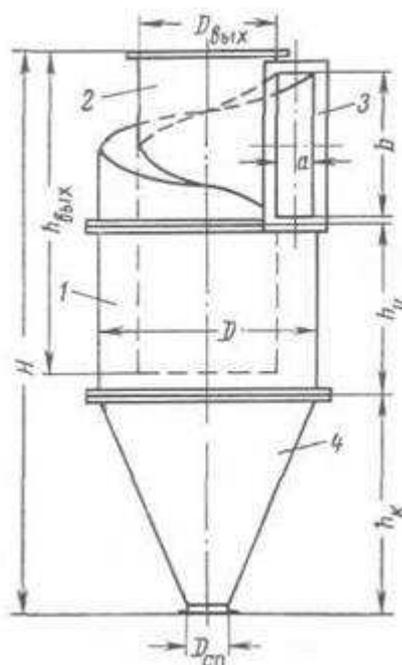


Рисунок 1.- Схема циклона ВТИ, 1-цилиндрическая часть воздуха, 2- выхлопная труба, 3- входной патрубок, 4- коническая часть корпуса

2. Предварительное значение диаметра циклона для НИОГАЗ -

$$D = 5,9b = 2,95 \sqrt{\frac{V_{\text{сек}}}{w_{\text{вх}}}}, \text{ м}$$

Правильность формулы для определения w_0 проверяем по уравнению

$$\text{Re} = \frac{w_0 \cdot d_{\text{ч}}}{\nu_{\text{г}}} \leq 0,2$$

При значениях $\text{Re} > 0,2$ теоретическую скорость осаждения рассчитывают следующим образом:

2.1. Определяют критерий Архимеда и фактор разделения

$$\text{Ar} = \frac{g \cdot d_{\text{ч}}^3 \cdot \rho_{\text{ч}} - \rho_{\text{г}}}{\nu_{\text{г}}^2 \cdot \rho_{\text{г}}}$$

2.2. Если $\text{Ar} \cdot \Phi_p < 84000$, то критерий Re определяют по формуле

$$\text{Re} = \left(\frac{Ar \cdot \Phi_p}{13,9} \right)^{0,715}$$

2.3. Если $Ar \cdot \Phi_p > 84000$, то критерий Re определяют по формуле

$$\text{Re} = 1,71 \sqrt{Ar \cdot \Phi_p}$$

Скорость осаждения - $w_0 = \frac{\text{Re} \cdot \nu}{d_c}$

3. Внутренний диаметр выхлопной трубы

$$d_m = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\text{сек}}}{w_m}}, \text{ м}$$

где w_m – скорость воздуха в выхлопной трубе, м/с ($w_m = 4-8$ м/с).

4. Наружный диаметр выхлопной трубы - $D_1 = d_m + 2\delta$, м

где δ - толщина стенки выхлопной трубы, м ($\delta = 0,005-0,007$ м).

Правильность выбранного диаметра циклона проверяем уравнением

$$D = \frac{D_1}{1 - 10 \frac{w_0}{w_d}}, \text{ м}$$

5. Высота цилиндрической и конической части циклона определяется по формулам из табл.1.

6. Гидравлическое сопротивление циклона $\Delta p = \xi_{\text{ц}} \frac{w_{\text{вх}}^2 \cdot \rho_{\text{в}}}{2 \cdot g}$, кгс/м²

где $\xi_{\text{ц}}$ - коэффициент сопротивления, зависящий от конструкции циклона (для ЦККБ - $\xi_{\text{ц}} = 2,5$, для ВТИ - $\xi_{\text{ц}} = 6$, для НИОГАЗ - $\xi_{\text{ц}} = 7$).

В электрофильтрах очистка газов происходит под действием электрических сил. В процессе ионизации молекул газов электрическим разрядом происходит заряд содержащихся в них частиц (коронирующий электрод). Ионы адсорбируются на поверхности пылинок, а затем под действием электрического поля перемещаются к осадительным электродам. Ионы и электроны, имеющие тот же знак, что и заряд коронирующего электрода, движутся к противоположно заряженному осадительному электроду (положительный ток). Зарядка частиц в поле коронного заряда (разряда) происходит по двум механизмам воздействия электрического поля ($> 0,5$ мкм) и диффузией ионов ($< 0,2$ мкм).

Для предотвращения искрового заряда между электродами (короткого замыкания) создают неоднородное электрическое поле, напряжение которого убывает по мере удаления от коронирующего электрода. Неоднородность поля достигается путем устройства электродов определенной формы. В зависимости от формы осадительного электрода различают трубчатые и пластинчатые электрофильтры.

Трубчатые электрофильтры представляют собой камеры, в которых установлены осадительные электроды в виде круглых или шестигранных труб. В качестве коронирующего электрода используют проволоки, натянутые на оси труб. Сверху проволоки прикреплены к раме, подвешенной на изоляторах, связанные общей рамой. В пластинчатых электрофильтрах осадительными электродами служат параллельные гладкие металлические листы или натянутые на рамы сетки, между которыми подвешены проволоки коронирующих электродов.

По способу удаления с электродов осажденных частиц, аэрозолей, электрофильтры могут быть сухие (для удаления пыли) и мокрые (для удаления пыли и туманов). Твердые частицы удаляются водой или встряхиванием. Жидкие частицы по мере накопления сами стекают с электродов. В зависимости от направления движения газов они делятся на горизонтальные и вертикальные. В промышленности применяют два вида: однозонные, для очистки промышленных газов (процессы зарядки и осаждения происходят в одной зоне), и двухзонные, для тонкой очистке вентиляционного воздуха (процессы зарядки и осаждения происходят в двух зонах). По числу электрополей их подразделяют на однополевые и многополевые.

Преимущества трубчатых электрофильтров: более эффективное электрическое поле, лучшее распределение газа по элементам. Недостатки: сложность монтажа, трудность встряхивания коронирующих электродов (необходимо соблюдать центровку), большой расход энергии на единицу длины провода. Преимущества пластинчатых электрофильтров: простота монтажа, удобство встряхивания электродов. Для очистки сухих газов применяют пластинчатые электрофильтры, а для очистки трудноулавливаемых пылей и капель жидкости и туманов, а также для обеспечения высокой степени очистки – трубчатые электрофильтры.

Теоретическая степень очистки газов в электрофильтрах определяется по следующим формулам:

$$\begin{aligned}
 & \text{- трубчатый электрофильтр: } \eta = 100 \left[1 - \exp \left(\frac{-2 L w_{\text{ч}}}{R w_{\text{г}}} \right) \right] \\
 & \text{- пластинчатый электрофильтр: } \eta = 100 \left[1 - \exp \left(\frac{-L w_{\text{ч}}}{h w_{\text{г}}} \right) \right]
 \end{aligned}$$

где $w_{\text{ч}}$ – скорость движения частиц к осадительным электродам (скорость дрейфа частиц), м/с; $w_{\text{г}}$ – скорость газа в активном сечении электрофильтра, т.е. в свободном сечении для прохода газа, м/с (0,8-1,7 м/с); L – активная длина электрофильтра. Т.е. протяженность электрополя в направлении входа газа, м; R – радиус трубчатого электрода, м; h – расстояние между пластинами, м.

Для определения скорости движения частиц к осадительным электродам используют следующие формулы:

$$\text{для частиц с } d_q > 1 \text{ мкм} - \quad \omega_q = 0,118 * 10^{-10} * \frac{E * d_q}{2 * \mu},$$

$$\text{для частиц с } d_q < 1 \text{ мкм} - \quad \omega_q = 0,17 * 10^{-11} * \frac{E * C_k}{\mu},$$

где E – напряженность электрического поля В/м; μ – динамическая вязкость среды, Па*с; C – коэффициент равный $A*\lambda/d_q$ ($A=0,815-1,63$); λ – длина среднего пробега молекул газа, м.

В расчетах электрофильтра принимают за исходные данные следующие параметры: сила тока для коронирующего электрода трубчатого электрофильтра $I=0,3-0,5$ мА/пог. м, а для пластинчатого электрофильтра – $I=0,3-0,5$ мА/пог. м. Диаметр коронирующего электрода принимают равным 2-4 мм. Напряжение в пределах $U= 35-70$ кВ/см.

Расчет электрофильтра проводят по следующей методике:

1. Разность потенциалов между электродами

$$\Delta U = E * R, \text{ кВ},$$

где E – градиент напряжения, кВ/см, R – расстояние между разноименными электродами, см (100-200 мм).

Следует принимать для холодных газов $E=4,3-4,8$ кВ/см, для горячих – $E=3,8-4,0$ кВ/см.

2. Время движения осаждающейся частицы:

$$\tau = \frac{R_2^2 - R_1^2}{2 * A}, \text{ сек}$$

где R_2 – радиус трубы электрофильтра, см (для пластинчатого электрофильтра – R_2 – расстояние между осадительным электродом и осью коронирующего электрода); R_1 – радиус коронирующего электрода, см; A – коэффициент, определяемый по формуле:

$$A = \frac{\Delta U * e \left(1 + 0,81 \frac{\lambda}{d} \right)}{21,6 * d_q * \mu * \lg \frac{R_2}{R_1}},$$

где ΔU – разность потенциалов в электромагнитных единицах (1 эм ед.= 10^{-8} В); e - $1,59*10^{-20}$ – заряд электрона в эм единицах; λ -длина пробега молекул газа, в зависимости от температуры, см.

$$\lambda = \lambda_0 * \sqrt{\frac{273 + t}{273}},$$

где t – температура газа, $^{\circ}\text{C}$; λ_0 - средний пробег воздуха при 0°C , см ($1,12*10^{-5}$).

3. Предварительно выбираем время пребывания газа в электрофильтре $\tau=(2-4)$ τ , затем определяем потребный объем газа:

$$V_{\text{эл}} = V_{\text{сек}} * \tau, \text{ м}^3$$

где $V_{\text{сек}}$ –объемный расход газа, $\text{м}^3/\text{сек}$.

4. Выбрав длину труб или пластин и диаметр или расстояние между пластинами, определяется объем одной трубы или секции V_0 . Тогда потребное количество труб или секций будет следующим

$$n_1 = \frac{V_{эл}}{V_0} = \frac{V_{сее}}{b_0 * L * R_2}, \text{шт} \quad (\text{для пластинчатого электрофильтра})$$

Округляя число труб или секций в большую сторону до n , определяется действительное время пребывания газа в электрофильтре

$$\tau_{\partial} = \tau_n * \frac{n}{n_1}, \text{сек}$$

5. Скорость движения газа в трубах секциях

$$\omega = \frac{V_{сек}}{n * f}, \text{м/с}$$

где f – площадь сечения трубы или секции, м^2 .

6. Расход энергии

$$N = \frac{\Delta U * n * L * i}{1000 * \eta} + 0,5, \text{кВт}$$

где i – плотность тока, А/м ; η – КПД электрофильтра (0,7-0,8).

Задание для расчетов

Расчет циклона. Рассчитать центробежный пылеосадитель (типа НИОГАЗ) для улавливания из воздуха мелких твердых частиц пыли с удельным весом $\rho_{\text{ч}}=2600 \text{ кг/м}^3$. Наименьший диаметр улавливаемых частиц $d_{\text{ч}}=12 \text{ мкм}$. Объем поступающих выбросов $V_{\text{сек}}= 2000 \text{ м}^3/\text{час}$, средняя температура воздуха $t_{\text{в}}=60 \text{ }^\circ\text{C}$. Удельный вес воздуха при заданной температуре $\rho_{\text{в}}=1,168 \text{ кг/м}^3$, динамическая вязкость $\mu_{\text{в}}=2,05 \cdot 10^{-5} \text{ Па с}$ и кинематическая вязкость $\nu_{\text{в}}=17,55 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Расчет электрофильтра. Рассчитать пластинчатый электрофильтр для очистки воздуха $V_{\text{сек}}=36000 \text{ м}^3/\text{час}$ с температурой $t_{\text{в}}=20 \text{ }^\circ\text{C}$. Наименьший размер улавливаемых частиц $d_{\text{ч}}=0,5 \text{ мкм}$. Градиент напряжения $E=4,5 \text{ кВ/см}$, радиус осадительного электрода $R_2=200 \text{ мм}$, диаметр коронирующего электрода $D_2=2 \text{ мм}$, ширина пластины $L=3 \text{ м}$, длина пластины $b_0=1 \text{ м}$, плотность тока $i=0,3 \cdot 10^{-3} \text{ А/м}$. Динамическая вязкость воздуха при данной температуре $\mu_{\text{в}}=1,85 \cdot 10^{-5} \text{ Па с}$.

Контрольные вопросы

1. По какому признаку происходит выбор того или иного метода для очистки от твердых примесей?
2. Как происходит очистка от пыли в различных пылеуловителях?
3. Как происходит очистка в центробежных пылеуловителях?
4. Как происходит очистка в фильтрах?

5. Как происходит очистка в мокрых пылеуловителях?
6. Очистка выбросов в циклонах. Виды циклонов. Преимущества и недостатки каждого вида циклона.
7. Очистка выбросов в электрофильтрах. Виды электрофильтров. Преимущества каждого вида электрофильтра.
8. Перечислите преимущества и недостатки каждого метода очистки.

Лабораторная работа № 2

Определение качества воды по результатам ее суммарной оценки

Цель работы: Научиться определять содержания в воде тех или иных веществ и оценивать качество воды в зависимости от цели ее применения.

Основные положения

Люди издревле селились около открытых источников воды, т.к. знали, что без воды нет жизни. Со временем потребление человечеством природной воды неуклонно возрастает. Вода используется для разнообразных целей: питья, приготовления пищи, стирки, уборки; во всех отраслях промышленности; для отдыха, рыбалки; для полива и орошения в сельском хозяйстве; в торговле; для получения электроэнергии и др. Такая интенсивная эксплуатация природных источников и недостаточная очистка воды привели к деградации водных ресурсов. Сегодня качество воды в большинстве районов Земли оставляет желать лучшего.

С помощью физических, химических, биологических исследований можно оценить качество воды и обозначить тенденции в его изменении. Эти исследования дают понять, какие воздействия на водоемы являются неблагоприятными и каким образом можно восстановить качество воды.

Известно, что требования к качеству питьевой воды наиболее жесткие. Категории качества различны для воды, используемой в бытовых и производственных целях, для полива и орошения в сельском хозяйстве; для получения энергии на ГЭС; для отдыха, для рыбалки. Человек придает большое значение качеству воды, заботясь не только о себе, но и о водных флоре и фауне.

Для определения качества воды используют результаты следующих тестов: количество растворенного кислорода, обилие кишечной палочки, рН воды, биохимическая потребность в кислороде (БПК), температура, содержание фосфатов, содержание нитратов, мутность, общее количество примесей.

Растворенный кислород – важный фактор, говорящий о благополучном состоянии водоема, о возможности существования в нем живых организмов. Большая часть кислорода поступает в водоемы из атмосферы. Поставщиками кислорода также являются водоросли и высшие растения, выделяющие его в процессе фотосинтеза.

Основным физическим фактором, влияющим на концентрацию растворенного кислорода, является температура: при низких температурах он растворяется в воде лучше, чем при высоких. Таким образом, количество кислорода варьируется в течение суток и в течение года. В проточной воде отмечается большее количество кислорода, чем в стоячей, т.к. атмосферный кислород в первом случае легче переходит в растворенное состояние. Поступающие с промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми стоками загрязнения – также одна из причин изменения содержания кислорода в воде.

Органические вещества, поступающие со стоками в водоем, потребляются различными микроорганизмами. Эти микроорганизмы являются аэробами, т.е. для своей жизнедеятельности они используют кислород. Биохимическая потребность в кислороде (БПК) является мерой того количества кислорода, который необходим микроорганизмам для окисления поступивших органических веществ. Если плохо очищенные от органических веществ стоки попадают в природные водоемы, то в силу интенсивного размножения аэробных бактерий, количество растворенного кислорода может уменьшиться более чем наполовину.

Источниками органических веществ являются городские сточные воды, содержащие отходы столовых, туалетов, прачечных (моющие средства). Промышленные стоки содержат нефтепродукты, отходы целлюлозной, лесотехнической, пищевой промышленности. Сельскохозяйственные стоки содержат отходы животноводства (навоз, подстилка), отходы растениеводства (удобрения, растительные остатки и др.).

Процесс биохимического аэробного окисления имеет две фазы: в первой фазе окисляются главным образом углерод и водород, давая углекислоту и воду (углеродистая фаза); во второй – окисляется азот, сначала до солей азотистой кислоты, а затем до солей азотной кислоты – нитратов (фаза нитрификации). По содержанию в воде солей азотистой и азотной кислот можно судить о полноте происходящих процессов окисления. Если в воде содержится большое количество нитратов, это свидетельствует о том, что вода чистая и процесс окисления органических веществ в воде в основном закончен.

На практике определяют 20-суточную или даже 5-суточную БПК. Однако проведенные исследования показали, что даже 20-суточная проба (БПК₂₀) не в полной мере определяет общее количество органических веществ, содержащихся в сточной воде. В процессе биологического окисления часть органических веществ расходуется на прирост микроорганизмов-минерализаторов, что БПК₂₀ не учитывает. При определении БПК₂₀ не учитывают также стойкие органические вещества, не разрушаемые биохимически.

Чтобы полнее оценить содержание органического вещества в сточной воде, определяют химическое потребление кислорода. Общее количество кислорода, необходимое для перевода углерода в углекислоту, водорода в

воду, азота в аммиак, серы в серный ангидрид, называется химической потребностью в кислороде (ХПК).

Мутность воды – мера содержания в ней взвешенных частиц различных по происхождению. Это могут быть частицы глины, ила, промышленных и сельскохозяйственных стоков, планктонные организмы. Высокая замутненность может быть следствием почвенной эрозии, большого количества экскрементов крупной популяции рыб, например, карпов.

Взвешенные частицы способствуют нагреву воды, т.к. поглощают тепловое излучение, что, в свою очередь, приводит к падению уровня растворенного в воде кислорода. Уменьшение количества растворенного кислорода происходит также и в связи со снижением продуктивности фотосинтеза: взвешенные частицы частично экранируют необходимую для него область светового спектра. Твердые частицы забивают жабры рыб, ослабляют иммунные свойства организмов, приостанавливают их рост и развитие. От осаждающихся твердых частиц в основном страдают придонные обитатели. Таким образом, можно сделать вывод, что степень мутности воды влияет на флору и фауну водоема не меньше, чем другие факторы.

Минеральный состав воды включает в себя катионы: кальция, железа (II), натрия, анионы: сульфат-ион, нитрат-ион, гидрокарбонат-ион, дигидрофосфат-ион и другие минеральные вещества жизненно необходимы для живых организмов. Природный баланс минеральных веществ может меняться в сторону увеличения их содержания в связи с загрязнением водоемов промышленными стоками, смывами с улиц, где зимой применялись песчано-солевые смеси, смывами с удобряемых полей и газонов и др.

Большое количество примесей может ухудшить качество воды. С другой стороны, недостаточное количество минеральных солей, например таких, как фосфаты и нитраты, также пагубно: оно снижает продуктивность фотосинтеза.

Температура играет важную роль в оценке качества воды. Большое количество физических, биологических, химических характеристик воды зависит от температуры. Например: количество растворенного кислорода; продуктивность фотосинтеза водных растений; скорость обмена веществ у водных обитателей; чувствительность организмов к отравляющим веществам, болезнетворным микроорганизмам.

Одно из самых серьезных видов загрязнений – тепловое загрязнение воды, вызываемое сбросом теплых вод предприятиями и ТЭЦ в реки. К увеличению температуры воды приводит и вырубка затеняющих деревьев вдоль русла реки. Почвенная эрозия, увеличивающая содержание взвешенных частиц в воде, также способствует нагреванию природных вод.

Значение *pH воды* является важным фактором, влияющим на жизнь водных обитателей. Большинство их очень чувствительны к изменению значения pH. При экстремальных значениях pH (выше 9,5 и ниже 4,5) вода становится непригодной для жизни большинства организмов. Если вода имеет кислую реакцию, то для живых организмов возрастает опасность

поражения тяжелыми металлами, т.к. в такой воде увеличивается подвижность ионов тяжелых металлов и, следовательно, их поражающее действие. Наиболее низкие значения рН имеют болотные воды, где присутствуют гуминовые кислоты. Наиболее высокие значения у подземных вод, насыщенных углекислым газом.

Экспериментальная часть

Определение содержания растворенного кислорода. Определение содержания растворенного кислорода в воде можно проводить двумя способами: первый способ – метод Винклера, и второй способ – по Насоновой. Первый способ позволяет точно измерить содержание кислорода.

Первый способ.

Оборудование и реактивы: щелочной раствор йодида калия; раствор хлорида марганца; концентрированная соляная кислота; раствор крахмала (индикатор); свежеприготовленный 0,01 М раствор тиосульфата натрия; пипетка на 5 мл; бюретка; коническая колба; 250 мл исследуемой воды.

Ход работы.

1. Осторожно наберите воду в бутылку и оставьте ее под водой, чтобы в нее не попадали пузырьки воздуха.
2. В пробу воды пипеткой добавьте 2 мл раствора хлорида марганца и 2 мл щелочного раствора йодида калия; при этом конец пипетки должен касаться дна бутылки.
3. Добавьте 2 мл концентрированной соляной кислоты и закройте бутылку так, чтобы в ней не было пузырьков воздуха. Хорошо встряхните, чтобы растворился осадок. В результате образуется раствор в избытке йодида калия.
4. Для исследования отлейте из бутылки в коническую колбу 50 мл воды. Оттитруйте ее 0,01 М раствором тиосульфата натрия следующим образом:
 - а) постоянно встряхивая коническую колбу, доливайте в нее раствор тиосульфата натрия до тех пор, пока желтый цвет не побледнеет;
 - б) добавьте 3 капли раствора крахмала в коническую колбу и продолжать титровать, постоянно встряхивая содержимое колбы, до тех пор, пока не исчезнет темно-синяя окраска крахмала в присутствии йода.
5. При использовании этих растворов 1 мл 0,01 М раствора тиосульфата натрия соответствует 0,08 мг кислорода в нормальных условиях.
6. Содержание кислорода в литре воды определяют по следующей формуле

$$\text{Содержание кислорода} = \frac{0,08 \cdot X \cdot 1000}{50}, \text{ мг/л воды}$$

где X – объем раствора тиосульфата натрия, расходуемый на титрование 50 мл воды, мл.

Второй способ.

Оборудование и реактивы: 305-ная серная кислота; 0,01 н раствор перманганата калия; стеклянная посуда на 50 мл; стеклянная палочка, проба воды.

Ход работы.

1. Отфильтруйте пробу воды.
2. К 10 мл отфильтрованной воды добавьте 0,5 мл 30%-ной серной кислоты и 1 мл 0,01 н раствора перманганата калия.
3. Тщательно перемешайте содержимое и оставьте на 20 минут при температуре 20 °С.
4. Оценка результатов: если раствор остался ярко-розовым, то содержимое растворенного кислорода в воде можно считать 1 мг/л; если окраска стала лилово-розовая, то 2 мг/л; если слабо лилово-розовой, то 4 мг/л; если бледно-лилово-розовой, то 6 мг/л; если бледно-розовой, то 8 мг/л; если розово-желтой, то 12 мг/л; если желтой, то 16 мг/л.

Предельно возможная концентрация кислорода, растворенного в воде, летом – 15-20 мг/л, зимой – 20-30 мг/л.

Исследование мутности.

Оборудование и реактивы: аналитические весы, бумажный фильтр, сушильный шкаф.

Ход работы:

1. Взвесьте бумажный фильтр на весах и запишите его массу (m_1).
2. Отфильтруйте 1 литр взятой воды.
3. Высушите использованный фильтр в сушильном шкафу.
4. Взвесьте высушенный фильтр и запишите его массу (m_2).
5. Величина мутности определяется по формуле:

$$\text{Мутность} = m_1 - m_2, \text{ мг/л.}$$

Определение общего количества примесей. Эта работа позволяет оценить общее количество нерастворимых веществ, растворимых минеральных солей и взвешенных частиц.

Оборудование и реактивы: аналитические весы; фарфоровая чашка на 150 мл; мерный стакан на 100 мл; сушильный шкаф.

Ход работы.

1. Взвесьте фарфоровую чашку на аналитических весах и запишите массу (m_1).
2. Отмерьте 100 мл пробы воды и поместите ее в фарфоровую чашку.
3. Выдержите эту пробу в сушильном шкафу при температуре около 105 °С в течение нескольких часов до полного выпаривания воды.
4. Остудите чашку и определите ее массу на аналитических весах (m_2).
5. Для определения общего количества примесей используйте следующую формулу:

$$\text{Количество примесей} = \frac{m_1 - m_2}{100}, \text{ мг/л воды}$$

В зависимости от преобладания примесей различного происхождения цвет осадка может быть светло-серым (за счет осаждения карбонатов), желтовато-бурым (из-за содержания в воде железа (II)).

Контрольные вопросы

1. Качество воды. Категории качества воды.
2. Что такое растворенный кислород? Что влияет на концентрацию растворенного кислорода?
3. Что такое БПК? Виды БПК. Стадии аэробного окисления.
4. Что такое ХПК?
5. Что такое мутность воды? На что влияет высокая мутность воды?
6. Для чего необходимы минеральные вещества в воде?
7. Влияние температуры и pH на качество воды в водоеме.
8. Методы определения растворенного кислорода.

Лабораторная работа № 3

Расчет оборудования для механической очистки сточных вод

Цель работы: Ознакомиться с основными методами и оборудованием механической очистки сточных вод и произвести расчет песколовки и отстойника.

Основные положения

Наиболее широко распространенным видом загрязнителей сточных вод являются нерастворенные примеси, или взвешенные вещества. Этот вид загрязнений характерен не только для бытовых сточных вод, но и для промышленных стоков подавляющего большинства отраслей промышленности.

В зависимости от размера частиц сточные воды делят на три группы: грубодисперсные системы с размером частиц более 0,1 мкм; коллоидные системы с частицами размером от 0,1 мкм до 1 нм и истинные растворы, имеющие частицы, размеры которых соответствуют размерам отдельных молекул или ионов. От размера частиц зависит скорость их осаждения или всплытия, которая лежит в основе выбора того или иного метода очистки сточных вод. Для выделения грубодиспергированных органических и минеральных примесей широкое распространение получили три основных метода: процеживание, отстаивание (разделение в поле гравитационных сил) и центрифугирование (разделение в поле центробежных сил). При очистке этими методами используют различные конструктивные модификации решеток, сит, песколовок, отстойников, центрифуг и гидроциклонов. Для

глубокой очистки сточных вод от тонкодиспергированных частиц применяют различные фильтры.

Процеживание применяют для извлечения крупных примесей, попадание которых в последующие очистные сооружения может вызвать засорение труб и каналов, а также нарушение нормальной работы или поломку движущихся частей оборудования (цепей, колес и т.д.). Для этой цели используют неподвижные, подвижные, а также совмещенные с дробилками решетки и сита двух видов: барабанные или дисковые.

Отстаивание применяют для осаждения грубодисперсных примесей. Осаждение происходит под действием силы тяжести. Для проведения процесса используют песколовки, отстойники и осветлители, в которых происходит одновременно с отстаиванием фильтрация стоков через слой взвешенных частиц.

Удаление всплывающих примесей (нефти, масел, смол, жиров и др.) производится аналогично осаждению твердых частиц. Различие заключается в том, что эти примеси в процессе отстаивания всплывают на поверхность воды. Для их улавливания используют нефтеловушки и жироловители.

Фильтрование применяют в том случае, когда удаление веществ отстаиванием затруднено. Разделение проводят при помощи пористых перегородок, пропускающих жидкость и задерживающих диспергированную фазу. Процесс идет под действием гидростатического столба жидкости, повышенного давления над перегородкой или вакуума под перегородкой. В качестве перегородки используют металлические перфорированные листы и сетки из нержавеющей стали, алюминия, никеля, меди и др., а также разнообразные тканевые перегородки (асбестовые, стеклянные, хлопчатобумажные, шерстяные, из синтетического волокна). По материалу, из которого изготавливают перегородки, их разделяют на органические и неорганические; по принципу действия – на поверхностные (задерживание частиц на поверхности перегородки) и глубинные (задерживание частиц в порах перегородки), а по структуре – на гибкие и негибкие.

Для фильтрования сточных вод при нормальном давлении используют фильтры с сетчатыми элементами (микрофильтры и барабанные сетки) и фильтры с фильтрующим зернистым слоем (песок, антрацит). Фильтры с зернистым слоем подразделяются на медленные (скорость фильтрования 0,1-0,3 м/ч) и скоростные (скорость фильтрования 12-20 м/ч), открытые (высота слоя загрузки 1-2 м) и закрытые (высота слоя загрузки 0,5-1 м).

По характеру механизма задерживания взвешенных частиц различают два вида фильтрования: 1) фильтрование через пленку (осадок) загрязнений, образующуюся на поверхности зерен загрузки; 2) фильтрование без образования пленки загрязнений. В первом случае задерживаются частицы, размер которых больше пор материала, а затем образуется слой загрязнений, который является также фильтрующим материалом. Во втором случае фильтрование происходит в толще слоя загрузки, где частицы загрязнений задерживаются на зернах фильтрующего материала адгезионными силами.

Осаждение взвешенных частиц под действием центробежной силы проводят в гидроциклонах и центрифугах. Для осаждения твердых примесей применяют напорные гидроциклоны, а для удаления осаждающих и всплывающих примесей – открытые. При вращении жидкости на частицы действуют центробежные силы, отбрасывающие тяжелые частицы к периферии потока, силы сопротивления движущегося потока, гравитационные силы и силы инерции. Фильтрующие центрифуги применяются для разделения суспензий, когда требуется высокая степень обезвоживания осадка и эффективная его промывка, а также в случаях, когда используется обезвоженный осадок и достаточно чистый фильтрат.

Песколовки предназначены для задержания минеральных примесей, содержащихся в сточной воде, для облегчения эксплуатации сооружений, служащих для дальнейшей очистки отстойников, аэротенков, метантенков и др. Принцип действия работы песколовки основан на том, что под влиянием силы тяжести частицы, по мере движения, вместе с водой выпадают в осадок. Песколовки рассчитываются на такую скорость, чтобы в осадок выпадали только наиболее тяжелые минеральные примеси, а мелкие же, органические частицы не успевали осесть.

Песколовки бывают горизонтальные, в которых жидкость движется в горизонтальном направлении, с прямолинейным или круговым движением воды и вертикальные, в которых жидкость движется вертикально вверх, и песколовки с винтовым (поступательно-вращательным) движением воды (тангенциальные или аэрируемые в зависимости от способа создания винта). Разновидность горизонтальной песколовки – радиальная, в которой жидкость движется по кругу или от центра к периферии. Сейчас наиболее распространены горизонтальные песколовки. Горизонтальная песколовка состоит из рабочей части, где движется поток, и осадочной – для сбора и хранения песка до его удаления (гидроэлеваторами, шнеками или скребками).

Песколовки обычно рассчитываются на задержание песка крупностью 0,25 мм и более (около 65%). Скорость движения не должна быть не более 0,3 и не менее 0,15 м/с (для вертикальных – $v=0,02-0,05$ м/с). Время нахождения жидкости $\tau=30-50$ сек, ширина отделения – $b=0,5-2$ м, высота рабочей части – $h=0,4-1$ м. Количество песка на одного человека составляет 0,02 л/сут, для городских сточных вод, при влажности 60% и объемном весе $1,5$ т/м³. Если сбрасывается и дробленный мусор, то в песколовке задерживается 15% от общего количества мусора (по сухому веществу).

Отстойники применяют для предварительной очистки сточных вод, если предусматривается биологическая очистка, или как самостоятельные сооружения, если достаточно выделить из сточных вод только минеральные примеси. В зависимости от назначения они делятся на первичные, устанавливаемые до сооружений биологической очистки, и вторичные, устанавливаемые после сооружений биологической очистки. По конструктивным признакам они делятся на горизонтальные, вертикальные и

радиальные. В горизонтальных отстойниках жидкость движется горизонтально – вдоль отстойника, в вертикальных она движется снизу вверх, а в радиальных – от центра к периферии.

При движении сточной воды в горизонтальных отстойниках твердые частицы подвергаются действию сил тяжести и реактивных сил сопротивления, возникающих при выпадении этих частиц. Допуская, что скорость u_0 осаждения взвешенных частиц определенной крупности постоянна во время осаждения и что скорость движения воды v во всех точках отстойника одинакова. Величину u_0 определяют опытным путем или из графика кинетики осаждения взвесей. Поскольку в действительности поток в отстойнике движется турбулентно, ухудшая осаждение, из-за наличия вертикальной составляющей пульсации потока w , действительная скорость осаждения частиц в отстойнике будет u_0-w . Величина w зависит от глубины отстойника и скорости движения воды и может быть определена по формуле Д.Я. Соколова $w=0,152 u_0$. Расчет состоит в определении размеров рабочей и осадочной частей отстойника.

В вертикальных отстойниках вода, выйдя из центральной трубы, поднимается вверх равномерно по всему сечению отстойника. Скорость потока жидкости в этом случае принимается больше, чем гидравлическая крупность взвесей в поступающей воде, т.к. считают, что частицы при выпадении сталкиваются друг с другом, укрупняются и скорость их выпадения увеличивается ($w < 0,7$ мм/сек, а время отстаивания такое же, как и для горизонтальных отстойников). Однако на самом деле жидкость движется радиально к стенкам отстойника и затем поднимается вверх вдоль стенок с относительно большими скоростями. Взвеси выпадают на горизонтальном пути движения жидкости от центра отстойника к периферии за счет растекания струи и уменьшения скорости движения. Чем мельче частицы, тем больше должен быть радиус отстойника, представляющий основную величину при расчетах.

Расчетная часть

Расчет горизонтальной песколовки

1. Длина проточной части песколовки определяется по формуле:

$$L = h \frac{v}{u}, \text{ м}$$

где v – скорость движения жидкости, м/с (при максимальном расходе 0,3 м/с); u – средняя скорость осаждения песка, м/с; h – глубина проточной части песколовки, м. Рекомендуется $h = 0,25 \div 1$ м (не более 1,2 м)

$$u = \sqrt{u_0^2 - w_0^2}, \text{ м/с}$$

где u_0 – средняя гидравлическая крупность частиц, мм/с (скорость выпадения частиц песка определенной фракции из воды, находящейся в спокойном состоянии (табл.1);

w_0 – вертикальная составляющая турбулентности потока, препятствующая осаждению взвесей, м/с ($w_0=0,05v$).

Таблица 1. - Скорость выпадения частиц песка определенной фракции из воды, находящейся в спокойном состоянии

Размер частиц, мм	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
Гидравлическая крупность частиц, мм/с (при $=15\text{ }^{\circ}\text{C}$)	17,1	24,2	29,7	35,1	40,7	51,6

2. Ширина песколовки
$$B = \frac{g}{v \cdot h}, \text{ м}$$

где g – расход воды, м/с.

3. Ширина одного отделения
$$b = \frac{B}{n}, \text{ м}$$

где n – число отделений.

Рекомендуется ширину секции принимать в зависимости от общего размера песколовки ($b = 0,6 \div 6 \text{ м}$)

4. Объем осадочной части
$$W_{oc} = \frac{P \cdot N \cdot T}{1000}, \text{ м}^3$$

где P – норма осаждения песка на одного человека, л/сут; N – число жителей города; T – число суток между чистками.

Время пребывания жидкости в горизонтальной песколовке принимают 30–50 с, ширину отделений – от 0,5 до 2,0 м, высоту рабочей части – от 0,25 до 1,0 м. Для определения размеров осадочной части песколовки необходимо знать количество песка, которое может быть задержано песколовкой в единицу времени.

При поступлении в песколовку городских сточных вод, в составе которых находятся преимущественно бытовые воды, количество задержанного в песколовке песка на одного человека составляет 0,02 л/сут при влажности осадка 60 % и объемном весе его 1,5 т/м³.

Расчет отстойника

1. Необходимый эффект осветления:

$$\mathcal{E} = \frac{a - m}{a} \cdot 100, \%$$

где a – содержание взвешенных веществ в сточной воде, мг/л; m – содержание взвешенных веществ в очищенной сточной воде, мг/л.

По значению \mathcal{E} устанавливают наименьшее значение ζ_0 (табл. 2 и 3), соответствующее требуемому проценту осветления, в зависимости от начальной концентрации.

Таблица 2. - Гидравлическая крупность для горизонтальных и радиальных отстойников

а, мг/л	Количество выпавшего осадка P_B , %										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
150	3,0	2,8	2,3	1,8	1,3	0,9	0,65	0,4	0,3	0,18	
200		3,2	3,0	2,4	1,8	1,4	0,95	0,6	0,4	0,2	
250				3,2	2,2	1,6	1,15	0,8	0,55	0,3	0,2
300					3,2	2,0	1,5	1,0	0,65	0,4	0,2

2. Площадь отстойника определяют по площади:

$$F = \frac{Q}{3,6 \cdot k \cdot \left[\frac{H_p}{t_T \cdot \left(\frac{H_p}{500} \right)^n} - w \right]}, \text{ м}^2$$

где Q – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$; n – коэффициент, зависящий от свойств взвеси (для городских сточных вод $n=0,25$); k – коэффициент, зависящий от типа отстойника и конструкции водосбросных и водораспределительных устройств (горизонтальный отстойник – 0,5, радиальный отстойник – 0,45, вертикальный отстойник – 0,35); $H_p = kH_k$ – расчетная глубина отстаивания, м; H_k – глубина рабочего слоя воды, м (горизонтальные и радиальные отстойники – 1,5-4 м, вертикальные отстойники – 2,7-2,8 м); t_T – продолжительность отстаивания, соответствующая принятому \mathcal{E} (из кинетики осаждения при минимальной среднемесячной температуре сточных вод), с; t – продолжительность отстаивания, соответствующая принятому эффекту осветления \mathcal{E} : (табл. 4).

$$t_T = \frac{[0,0093 + 0,00032(23 - T)] \cdot t}{0,0093}, \text{ сек}$$

Вертикальная составляющая скорости зависит от горизонтальной скорости движения воды: при $v = 5 \text{ мм/с}$ $w = 0$; при $v = 10 \text{ мм/с}$ $w = 0,05$; при $v = 15 \text{ мм/с}$ $w = 0,1$; при $v = 20 \text{ мм/с}$ $w = 0,2$. При отстаивании городских сточных вод $v < 7 \text{ мм/с}$ – для радиальных и горизонтальных отстойников, и при $v = 0 \text{ мм/с}$ – для вертикальных отстойников.

Таблица 3. - Гидравлическая крупность для горизонтальных и радиальных отстойников

а, мг/л	Количество выпавшего осадка Р _в , %							
	10	20	30	40	50	60	70	80
150	3,2	2,4	1,3	0,6	0,25			
200		3,0	1,9	0,9	0,35	0,2		
250		3,0	2,25	1,1	0,5	0,22		
300			3,2	1,5	0,65	0,25		
350			3,2	2,0	0,9	0,3	0,2	0,12
400				3,0	1,25	0,45	0,25	0,18

Таблица 4. - Продолжительность отстаивания сточных вод с различной концентрацией взвесей

Эффект осветления, %	Продолжительность отстаивания сточных вод с различной концентрацией взвесей, сек		
	200	300	500
30	501	300	240
40	610	420	360
50	840	600	420
60	110	900	630
70	3300	2400	1700
80			4900

3. Уточнение принятого значения v :

для горизонтальных отстойников - $v = \frac{Q}{3,6 \cdot H_{\kappa} \cdot B}$, м/с,

$$B = \frac{F}{0,1 \cdot (8 \div 12) H_{\kappa}}, \text{ м}$$

для радиальных отстойников - $v = \frac{Q}{3,6 \cdot 3,14 \cdot R \cdot H_{\kappa}}$, м/с

где B – ширина отстойника, м; R – радиус отстойника, м.

4. Длина отстойника

$$L = \frac{v}{u_0 - w} \cdot H, \text{ м}$$

5. Диаметр вертикального отстойника определяют по зависимости от гидравлической крупности частиц и средней скорости входа сточной воды в отстойник $u_{\text{вх}} = 1,2$ см/с (рис.1).

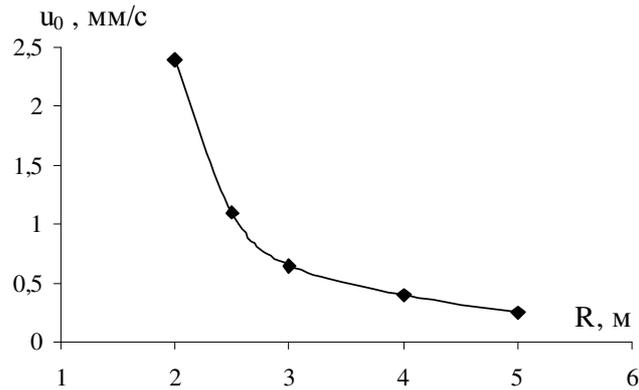


Рис. 1. График зависимости от гидравлической крупности частиц и средней скорости входа сточной воды в отстойник

Задание для расчетов

Расчет песколовки. Рассчитать горизонтальную песколовку для работы на очистных сооружениях городских сточных вод при расчетном расходе $q=0,6 \text{ м}^3/\text{сек}$, с песком крупностью 0.25 мм.

Расчет отстойника. Рассчитать горизонтальный отстойник при следующих условиях: расчетный расход сточных вод $q=0,5 \text{ м}^3/\text{сек}$; отстойник предназначен для осветления воды перед ее очисткой в аэротенке; первоначальная концентрация сточных вод $a=300 \text{ мг/л}$, концентрация загрязнений в очищенной сточной воде $m=100 \text{ мг/л}$.

Контрольные вопросы

1. Виды сточных вод в зависимости от размера взвешенных частиц.
2. Методы и аппараты для удаления крупных частиц из сточных вод.
3. Фильтрация сточных вод. Виды оборудования для фильтрации.
4. Удаление взвешенных частиц в поле центробежных сил.
5. Виды песколовок. Механизм осаждения взвешенных частиц в различных песколовках.
6. Виды отстойников. Механизм удаления взвешенных частиц в различных отстойниках.

Лабораторная работа 4

Расчет оборудования для биологической очистки сточных вод

Цель работы: Ознакомиться с основными методами биологической очистки сточных вод и произвести расчет биофильтра и аэротенка.

Основные положения

Для удаления из воды растворенных органических веществ наиболее часто применяют биохимическое (биологическое) их окисление. Биологическая очистка сточных вод основана на способности микроорганизмов использовать для питания находящиеся в сточных водах

органические вещества (кислоты, белки, спирты, углеводы и т.д.), которые являются для них источником углерода. Необходимые для жизнедеятельности микроорганизмов азот, фосфор, калий они получают из различных соединений, содержащих эти компоненты.

Процесс биологической очистки условно разделяют на две стадии (протекающие одновременно, но с различной скоростью): адсорбция из сточных вод тонкодисперсной и растворенной примеси органических и неорганических веществ поверхностью тела микроорганизмов и разрушение адсорбированных веществ внутри клетки микроорганизмов при протекающих в ней биохимических процессах (окислении, восстановлении). Обе стадии наблюдаются как в аэробных (в присутствии кислорода), так и в анаэробных (без доступа кислорода) условиях.

О возможности биологической очистки сточных вод судят по многим показателям качественной и количественной их характеристики. Основными из них являются:

- способность органических веществ сточных вод биохимически окисляться (эта способность определяется по соотношению БПК и ХПК);
- концентрация загрязняющих веществ;
- наличие в сточных водах необходимых для микроорганизмов питательных веществ (азота, фосфора, калия);
- наличие и концентрация веществ, способных оказать токсическое воздействие на микроорганизмы;
- активная реакция сточных вод.

Многие виды производственных стоков лишь в какой-то мере удовлетворяют всем перечисленным требованиям биологической очистки и нуждаются в предварительной подготовке к ней.

Аэробные процессы биологической очистки могут протекать в природных и искусственных сооружениях. В естественных условиях очистка происходит на полях орошения, полях фильтрации и биологических прудах. Искусственными сооружениями являются биофильтры и аэротенки различной конструкции. Тип сооружения выбирают с учетом местоположения предприятия, климатических условий, источника водоснабжения, объема промышленных и бытовых сточных вод, состава и концентрации загрязнений. В искусственных сооружениях процессы очистки протекают с большей скоростью, чем в естественных условиях.

Поля орошения и фильтрации. Это специально подготовленные земельные участки, используемые одновременно для очищения сточных вод и агрокультурных целей. Очистка сточных вод в этих условиях идет под действием почвенной микрофлоры, солнца, воздуха и под влиянием жизнедеятельности растений. В почве полей орошения находятся бактерии, дрожжи, грибы, водоросли, простейшие и беспозвоночные. Количество микроорганизмов в почве зависит от времени года. Зимой их количество значительно меньше, чем летом.

Если на полях не выращиваются сельскохозяйственные культуры, и они предназначены для биологической очистки сточных вод, то такие поля называются полями фильтрации. Земледельческие поля орошения после очистки сточных вод используют для выращивания зерновых и силосных культур, трав, овощей, а также для посадки деревьев и кустарников.

В процессе очистки сточные воды проходят через фильтрующий слой почвы, в котором задерживаются взвешенные и коллоидные частицы, образуя в порах грунта микробиальную пленку. Затем образовавшаяся пленка адсорбирует коллоидные частицы и растворенные в сточных водах вещества. Проникающий из воздуха в поры кислород окисляет органические вещества, превращая их в минеральные соединения. В глубокие слои почвы проникновение кислорода затруднено, поэтому наиболее интенсивное окисление происходит в верхних слоях почвы (0,2-0,4 м).

Биологические пруды. Представляют собой каскад прудов, состоящий из 3-5 ступеней, через которые с небольшой скоростью протекает осветленная или биологически очищенная сточная вода. Пруды предназначены для биологической очистки и для очистки сточных вод в комплексе с другими очистными сооружениями. Различают пруды с естественной аэрацией, с глубиной 0,5-1 м, хорошо прогреваемые солнцем и заселенные водными организмами, и искусственной аэрацией. Бактерии используются для окисления загрязнений кислород, выделяемый водорослями в процессе фотосинтеза, а также кислород из воздуха. Водоросли, в свою очередь, потребляют CO_2 , фосфаты и аммонийный азот, выделяемые при биохимическом разложении органических веществ. Для нормальной работы необходимо соблюдать оптимальные значения pH и температуры (не менее 6 °C).

Биофильтры. Они представляют собой сооружения, где процесс биологической очистки сточных вод происходит в искусственно созданных условиях. Биофильтры подразделяются на биофильтры периодического действия (или контактные биофильтры) и биофильтры непрерывного действия. Контактные биофильтры вследствие их малой производительности и высокой стоимости в настоящее время не применяются. Биофильтры непрерывного действия по их производительности подразделяются на биофильтры капельные, биофильтры высоконагружаемые и башенные. По способу подачи в них воздуха и те и другие могут быть подразделены на биофильтры с естественной вентиляцией и биофильтры с искусственной вентиляцией (аэрофильтры).

Капельные биофильтры. Иногда эти непрерывно действующие биофильтры называют оросительными, или перколяторными. Непрерывно действующий капельный биофильтр состоит из следующих основных частей: непроницаемого основания, дренажа, боковых стенок, фильтрующего материала и распределительных устройств. Биофильтры в плане могут иметь форму круга, прямоугольника, квадрата или восьмиугольника. Их можно устраивать с водонепроницаемыми стенками. Поверхность биофильтра

орошают сверху равномерно с небольшими промежутками по времени; при этом вода подается в виде капель или струй (капельные или оросительные) или в виде тонкого слоя воды (перколяторные). Воздух подается естественным путем – сверху через открытую поверхность и снизу через дренаж. Эти биофильтры имеют низкие нагрузки по воде, не превышающие 0,5-1 м³ сточной воды на 1 м³ загрузочного материала (30-50 мм). Они предназначены для полной биологической очистки сточной воды с БПК₂₀ очищенной воды до 15 мг/л.

Проходя через фильтрующую загрузку, загрязненная вода оставляет в ней вследствие адсорбции взвешенные и коллоидные органические вещества, не осевшие в первичных отстойниках, которые создают биопленку, густо заселенную микроорганизмами, которые окисляют органические вещества и получают необходимую для своей жизнедеятельности энергию. Часть растворенных органических веществ микроорганизмы используют как пластический материал для увеличения своей массы. Отработанная и омертвевшая пленка смывается протекающей сточной водой и выносится из биофильтра. Эффект очистки нормально работающего биофильтра очень высок и составляет по БПК₂₀ 90% и более.

Высоконагружаемые биофильтры. Эти биофильтры отличаются от капельных как в конструкционном отношении, так и по эксплуатационным особенностям. К конструктивным особенностям относятся: увеличение крупности зерен загрузочного материала (40-60 мм по всей высоте); материалом может служить щебень твердых пород; искусственная продувка материала загрузки воздухом (изменение конструкции дренажа и днища); увеличение высоты слоя фильтрующей загрузки. К эксплуатационным особенностям относят: обязательное орошение всей поверхности биофильтра поступающей водой и по возможности уменьшение длительности перерывов в подаче воды на поверхность; повышение нагрузки по воде на 1 м² поверхности в целях создания естественных условий для самопроизвольной промывки фильтров; применение в необходимых условиях разбавления сточных вод очищенной водой, т.е. введение рециркуляции. Указанные изменения в эксплуатационных режимах работы с конструктивными изменениями значительно увеличивают производительность. Эти биофильтры могут работать на любую производительность и степень очистки в зависимости от тех или иных конструктивных особенностей и режима эксплуатации. Эти биофильтры классифицируются по следующим признакам:

1. По принципу действия – с полной и неполной биологической очисткой;
2. По способу подачи воздуха – работающие с естественной и искусственной подачей воздуха (аэрофильтры). Если высота загрузки небольшая (1-2 м), то осуществляется естественная подача воздуха, если высота загрузки большая – искусственное нагнетание воздуха.

3. По режиму работы – биофильтры с рециркуляцией и без рециркуляции, с перемежающейся фильтрацией и без нее. Если концентрация загрязненного стока невысока и расход воды на биофильтр достаточен для самопроизвольной промывки, то рециркуляция не обязательна. При сильно загрязненном стоке рециркуляция желательна или обязательна.

4. По числу ступеней – одноступенчатые и двухступенчатые, если необходима полная биологическая очистка, а биофильтр первой ступени нельзя запроектировать достаточной высоты.

5. По высоте – низкие – до 2 м (для частичной биологической очистки), высокие от 2 м и выше и до 8-16 м – условно называемые башенные (для полной биологической очистки).

Расчет биофильтров состоит в определении необходимого объема загрузки материала, в расчете распределительных устройств для орошения, дренажа, а также определяют общую площадь биофильтра, число и размер секций биофильтра (не более 1000м²).

Аэротенки. Представляют собой резервуар, в котором медленно движется смесь активного ила и очищаемой сточной воды. Для лучшего и непрерывного контакта того и другого они перемешиваются при помощи сжатого воздуха или специальных приспособлений. Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов-минерализаторов в аэротенок должен непрерывно подаваться кислород воздуха. Активный ил представляет собой биоценоз микроорганизмов-минерализаторов, способствующих сорбировать на своей поверхности и окислять в присутствии кислорода воздуха органические вещества сточной воды. Отличительная особенность аэротенка как сооружения биологической очистки заключается в том, что процесс очистки можно регулировать до необходимой по местным условиям степени. Чем длительнее процессы аэрации, чем больше воздуха и активного ила, тем лучше очищается вода.

Различают аэротенки-смесители, аэротенки-вытеснители и аэротенки промежуточного типа. В зависимости от местных условий аэротенки проектируют либо на полную, либо на частичную биологическую очистку.

Процесс очистки в аэротенках заключается в смешении сточной воды и активного ила. При этом загрязненные вещества сорбируются на активном иле и окисляются, в результате резко снижается биохимическая потребность сточной воды в кислороде. На второй стадии активный ил регенерируется, т.е. восстанавливается сорбционная способность, а также окисляются задержанные ранее на иле загрязнения (скорость потребления кислорода меньше). На третьей стадии идет нитрификация аммонийных солей (скорость потребления кислорода увеличивается). При частичной очистке сточных вод сорбирующая способность активного ила восстанавливается дополнительной аэрацией в регенераторах.

По способу подачи и распределения воздуха аэротенки делятся на аэротенки с пневматической аэрацией (воздуходувки и аэраторы), с

поверхностной или механической аэрацией (механические аэраторы нагнетательного типа) и с аэрацией промежуточного типа. Широкое распространение получили аэротенки, работающие с регенераторами, в основу работы которых положена стабильность процесса биохимической очистки. В этом случае процесс извлечения загрязнений из воды (первая стадия) отделен от окисления их в активном иле, причем в регенераторах активный ил находится более длительное время (вторая и третья стадия), что позволяет увеличить концентрацию загрязнений, приходящихся на ил. Применение аэротенков с регенераторами позволяет снизить общий строительный объем этих сооружений на 10-20 %.

Расчетная часть

Расчет биофильтра

1. По заданной БПК₂₀ очищенной воды, устанавливается допустимая БПК смеси $L_{см}$, которая возможна для данной высоты биофильтра и при заданной температуре:

$$L_{см} = k \cdot L_t, \text{ г/м}^3$$

где L_t - БПК₂₀ очищенной сточной воды, мг/л.

k -коэффициент показывает, какая часть расхода воды должна быть возвращена на вход в биофильтр для разбавления поступающих сточных вод очищенными для снижения БПК до допустимых величин. Значение величины k определяют по табл. 1.

Таблица 1. - Значения коэффициента k для определения параметров биофильтра

Средняя зимняя температура сточной воды, °С	Рабочая высота биофильтра, м				
	2	2,5	3	3,5	4
От 8 до 10	2,5	3,3	4,4	5,7	7,5
Более 10 до 14	3,3	4,4	5,7	7,5	9,6
Более 14	4,4	5,7	7,5	9,6	12

2. Определение критерия Φ , исходя из заданного эффекта очистки по БПК₂₀ по табл.2

$$\Phi = \frac{L_t}{L_{см}} \cdot 100, \%$$

Таблица 2. - Эффект очистки по БПК₂₀

Э, %	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Φ	43	2,05	1,3	1	0,75	0,55	0,41	0,295	0,19	0,08	0,001

3. Гидравлическая нагрузка на поверхность биофильтра в сутки

$$q_{\text{общ}} = \frac{N}{L_{\text{см}}}, \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{сут}$$

где N - допустимая нагрузка в г БПК₂₀ на 1 м² площади биофильтра в сутки, которая принимается по данным табл. 3.

Таблица 3. - Площадь биофильтра, м²

Средняя годовая температура воздуха, °С	До +3	Более +3 до +6	Более +6
Величина N	1700	2300	300
			0

4. Определение коэффициента рециркуляции

$$n = \frac{L_a - L_{\text{см}}}{L_{\text{см}} - L_t},$$

где L_a - БПК₂₀ поступающей сточной воды, мг/л.

5. Площадь биофильтра:

$$F = \frac{Q \cdot (n + 1) \cdot L_{\text{см}}}{N}, \text{ м}^2$$

где Q - расход сточной воды, м³/сут.

6. Проверка выбранной высоты биофильтра:

$$H = \frac{\Phi \cdot q_{\text{общ}}^{0,4}}{10 \cdot k_t}, \text{ м}$$

где k_t - константа изъятия.

7. Объем фильтрующей среды:

$$W = F \cdot H, \text{ м}^3$$

Расчет аэротенка

Активный ил в аэротенках сорбирует различные по скорости окисления загрязняющие вещества. Наиболее трудно окисляемая часть их постепенно накапливается в иле, что приводит к снижению его активности и к ухудшению работы аэротенка. Для упрощения технологического расчета условно принимают, что биохимическое окисление таких частиц может происходить как последовательно (сначала легко окисляемых – первая группа, а затем трудно окисляемых – вторая группа), так и параллельно.

1. Концентрация загрязнений иловой смеси в аэротенке

$$\text{простой аэротенок} - L_{\text{см}} = \frac{L_a Q + L_t q}{Q + q};$$

$$\text{аэротенок-смеситель} - L_{\text{см}} = \frac{L_a Q + L_t q}{r \cdot (Q + q)}, \text{ мг/л}$$

где Q - расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$; q - расход возвратного активного ила, $\text{м}^3/\text{ч}$; r - степень разбавления поступающей иловой смеси в аэротенок-смеситель; L_a - БПК поступающих на очистку сточных вод $\text{мг}/\text{л}$; L_t - БПК очищенной сточной воды, $\text{мг}/\text{л}$ (15-50 $\text{мг}/\text{л}$).

2. Необходимая доза активного ила в иловой смеси при $m \cdot u_0 = 1$

$$C = \frac{L_{cv}}{i \cdot m \cdot u_0},$$

где L_{cm} - концентрация загрязнений сточных вод по БПК_{полн} в иловой смеси, $\text{г}/\text{л}$; i - иловый индекс возвратного активного ила, $\text{г}/\text{л}$ (0,05-0,1); m - нагрузка загрязнений на активный ил ($m' + m'' = m$ или $(Q'/Q) + (Q''/Q) = m$); u_0 - концентрация возвратного активного ила.

3. Концентрация загрязнений сточных вод в иловой смеси

$$\text{для первой группы} - L'_a = \frac{L_{cm}}{Q} \cdot Q';$$

$$\text{для второй группы} - L''_a = \frac{L_{cm}}{Q} \cdot Q'', \text{ мг}/\text{л}$$

где Q' и Q'' - количество сточных вод, содержащих загрязнения соответственно первой и второй группы, $\text{м}^3/\text{ч}$.

4. По табл. 4 выбираем удельную скорость биохимического окисления сточных вод для первой и второй групп.

Таблица 4. - Удельную скорость биохимического окисления сточных вод для первой и второй групп

Сточные воды	ρ_u , $\text{мг}/(\text{г ч})$	Сточные воды	ρ_u , $\text{мг}/(\text{г ч})$
Бытовые (от городов)	12-15	Нефтесодержащие	от
От заводов		ЭЛОУ	
синтетических	16	общий сток	и
каучуков:		Содержащие	
хлорпренового	12	алифатические	
изопренового		ароматические	
От целлюлозно-	3,3	вещества:	
бумажной		бензол	
промышленности:	9,4	бензойную кислоту	15
сульфитные		От производства лавсана	36
сульфатные			

5. Средняя скорость окисления в иловой смеси

$$\text{для первой группы} - \rho' = \frac{\rho_u \cdot C_{cm}}{Q} \cdot Q';$$

для второй группы - $\rho'' = \frac{\rho_u \cdot C_{см}}{Q} \cdot Q''$, мг/(л ч)

6. Концентрация загрязнений в сточных водах на выходе из вторичных отстойников

для первой группы - $L'_t = \frac{L_t^{cp}}{Q} \cdot Q'$;

для второй группы - $L''_t = \frac{L_t^{cp}}{Q} \cdot Q''$, мг/л

7. Необходимая продолжительность аэрации сточных вод в аэротенке

для первой группы - $t' = \frac{(L'_a - L'_t)}{\rho'}$;

для второй группы - $t'' = \frac{(L''_a - L''_t)}{\rho''}$, час

где L'_a , L'_t и L''_a , L''_t - концентрация загрязнений на входе в аэротенку и на выходе из него соответственно первой и второй группы, мг/л.

За расчетную продолжительность аэрации общего стока принимается наибольшая продолжительность.

8. Прирост активного ила в аэротенке

$$P_p = \frac{XPK_n - XPK_o - BPK_n - BPK_o}{r} - a,$$

где XPK_n , XPK_o - химическая потребность кислорода соответственно в неочищенной и очищенной воде, мг/л ($XPK_o=100$ мг/л); BPK_n , BPK_o - биологическая потребность кислорода соответственно в неочищенной и очищенной воде, мг/л; a - убыль биомассы активного ила вследствие автолиза за время пребывания жидкости в аэротенке; r - XPK 1 мг биомассы активного ила ($r=1,2$).

Из этого количества активного ила приходится на долю

$$P_p' = \frac{P_p \cdot Q'}{Q}$$

первой группы сточных вод -

второй группы сточных вод - $P_p'' = \frac{P_p \cdot Q''}{Q}$, мг/л.

9. Потребление кислорода во вторичном отстойнике

для первой группы - $R' = \frac{\rho'_u \cdot P_p'}{1000}$;

для второй группы - $R'' = \frac{\rho''_u \cdot P_p''}{1000}$, мг/(л ч).

10. Количество кислорода, расходуемое во вторичном отстойнике при времени отстаивания $t_o = 1,5$ ч

$$O_1 = (R' - R'') \cdot t_o, \text{ мг/л.}$$

11. Необходимое содержание растворенного кислорода на выходе из аэротенка

$$O_3 = O_1 + O_2, \text{ мг/л.}$$

12. Дефицит кислорода в аэротенке

$$d = \frac{(O_n - O_3)}{O_n},$$

где O_n - предел насыщения кислородом сточных вод при температуре сточных вод, мг/л (табл. 5).

Таблица 5. – Предел насыщения кислородом сточных вод при температуре сточных вод, мг/л

T, °C	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
O_n , мг/л	12,8	11,3	10,8	10,3	9,8	9,4	9,0	8,7	8,3	8,0	7,7

13. Коэффициент использования воздуха в аэротенке

$$k = P \cdot d \cdot H^x.$$

где P - процент использования кислорода при высоте слоя сточных вод $H=1$ м, % (табл.6). При отношении площади фильтров к площади аэротенка (f/F) 0,05 величину x принимают равной 0,71; при отношении 0,1 - равной 0,77; при отношении 0,5 - равной 1.

Таблица 6.- Использование кислорода при высоте слоя сточных вод

Аэратор	P, %	Аэратор	P, %
Фильтросная пластина	4,34	Дырчатая труба	1,74
Пористая керамическая труба	3,91	Труба с открытым концом	1,7

14. Удельный расход воздуха на 1 м^3 иловой смеси в аэротенке

$$D = \frac{(\rho' \cdot t' + \rho'' \cdot t'')}{3 \cdot k}.$$

15. Необходимый объем аэротенка-смесителя

$$W = t_{\text{аэп}} \cdot Q, \text{ м}^3.$$

Задание для расчета

Расчет биофильтра. Произвести расчет высоконагружаемого биофильтра при следующих исходных данных: БПК поступающих сточных вод $L_a=300$ мг/л, БПК очищенной воды $L_t=20$ мг/л. Средняя температура сточных вод $t=12$ °C, расход сточных вод $Q=45000 \text{ м}^3/\text{сут.}$

Расчет аэротенка. Произвести расчет аэротенка-смесителя, исходя из следующих данных: расход сточных вод $Q = 10000 \text{ м}^3/\text{ч}$, в том числе сточных вод, имеющих первую группу загрязнений, $Q' = 7000 \text{ м}^3/\text{ч}$, а вод, имеющих вторую группу загрязнений, $Q'' = 3000 \text{ м}^3/\text{ч}$; концентрация загрязнений общего стока по ХПК_н 1000 мг/л и по БПК_{полн} 700 мг/л; температура общего стока $T=15 \text{ }^\circ\text{C}$; активная реакция сточных вод $\text{pH}=7$; необходимое содержание растворенного кислорода в сточных водах на выходе из вторичных отстойников $\text{O}_2=2 \text{ мг/л}$; допустимая концентрация загрязнений общего стока на выходе из вторичных отстойников $L_t^{\text{cp}}=15 \text{ мг/л}$; рабочая глубина аэротенка-смесителя $H=4 \text{ м}$; аэратор - керамическая фильтросная пластина; сточные воды первой группы – нефтесодержащие сточные воды, второй группы – бытовые.

Контрольные вопросы

1. Механизм биологической очистки сточных вод.
2. В каких случаях используют биологическую очистку сточных вод?
3. От чего зависит выбор сооружения для биологической очистки сточных вод?
4. Сооружения для биологической очистки в естественных условиях. Механизм очистки в этих сооружениях.
5. Очистка сточных вод в биофильтрах. Виды биофильтров.
6. Особенности очистки сточных вод в различных биофильтрах.
7. Классификация высоконагружаемых биофильтров.
8. Очистка сточных вод в аэротенках. Виды аэротенков.

Лабораторная работа № 5

Определение загрязнений. Отходы производства и потребления. Классы опасности вредных веществ

Оценка загрязнения водоема сточной водой промышленного предприятия

Сточные воды – это пресные воды, изменившие после использования в бытовой и производственной деятельности человека свои физико-химические свойства и требующие отведения. По происхождению сточные воды могут быть классифицированы на следующие: бытовые, производственные и атмосферные.

Задача 1.

На берегу озера площадью 5 км^2 и средней глубиной 2 м расположено промышленное предприятие, использующее воду озера для технических нужд и затем сбрасывающее загрязненную воду в озеро.

Необходимо:

1) вычислить объем сточной воды, поступающей в озеро за 1 месяц, 1 год;

2) определить количество вредных веществ, поступивших в озеро со сточной водой за 1 месяц, 1 год;

3) вычислить фактическое загрязнение воды в озере каждым вредным веществом за взятые периоды времени;

4) определить общее загрязнение озера предприятием и сделать вывод о соответствии гигиеническим нормативам.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ, сбрасываемых в озеро: мышьяк – 0,006 мг/л, ртуть - 0,005 мг/л, свинец - 0,05 мг/л.

Таблица 1.

№ варианта	Объем сброса сточной воды в ед. времени (л/сек)	Фактическое содержание вредных примесей в сточной воде (мг/л)		
		мышьяк	ртуть	свинец
1	25	0,04	0,03	0,42
2	20	0,22	0,095	0,71
3	9	0,23	0,59	2,10
4	15	0,09	0,44	0,53
5	30	0,04	0,03	0,42
6	10	0,91	0,37	5,10
7	15	0,27	0,08	0,95
8	10	0,08	0,08	0,48
9	15	0,10	0,12	0,74
10	4	0,14	0,08	1,90
11	10	0,17	0,13	1,43
12	12	0,05	0,04	0,28
13	8	0,06	0,40	0,39
14	16	0,07	0,085	0,52
15	14	0,18	0,15	0,73
16	7	0,09	0,33	1,06
17	6	0,20	0,075	2,05
18	18	0,11	0,33	0,93
19	11	0,22	0,05	1,64
20	27	0,13	0,50	2,25

Методические рекомендации к решению задачи

Общее загрязнение определяется по формуле:

$$C = C_1/ПДК_1 + C_2/ПДК_2 + C_3/ПДК_3 = \sum C_i/ПДК_i \quad (1)$$

Где C_i – фактическое загрязнение воды ВВ;

ПДК $_i$ – ПДК этого ВВ.

Безразмерная суммарная концентрация ВВ не должна превышать 1 ($C \leq 1$).

Решение задачи следует выполнять в следующем порядке:

1) Вычислить объем сточной воды, поступающей в озеро за 1 месяц, 1 год;

2) Определить количество вредных веществ (ВВ), поступивших в озеро со сточной водой, пользуясь данными из таблицы исходных данных;

3) Вычислить фактическое загрязнение воды в озере каждым ВВ по формуле:

$$C_i = \text{количество ВВ в озере} / \text{объем воды в озере (мг/л)};$$

Отходы производства и потребления

Природное вещество, вовлекаемое в сферу потребления человека, лишь в ограниченном числе случаев может быть использовано без переработки. Это относится к некоторым продуктам питания, древесине, самородным металлам. В большинстве случаев требуется специальная обработка или подготовка природного вещества, сопровождающаяся образованием побочных продуктов или отходов. При этом, как правило, чем больше энергии было приложено к природному веществу (механическое измельчение, термическая или химическая переработка), тем более токсичны для окружающей природной среды образующиеся отходы.

Все виды отходов, возникающие в результате деятельности человека, можно разделить на две большие группы: отходы производства и отходы потребления.

Отходы производства – это остатки сырья, материалов, полуфабрикатов и готовой продукции, образовавшиеся в технологическом процессе и полностью или частично утратившие свои потребительские свойства, а также побочные продукты физико-химической переработки сырья, получение которых не является целью технологического процесса.

Отходы потребления – различные изделия, комплектующие материалы, детали, которые по каким-либо причинам непригодны для дальнейшего использования. Этот вид отходов, в свою очередь, подразделяется на отходы промышленного потребления и быта.

Отходы промышленного потребления – это вышедшее из строя оборудование, металлолом, отработавшие свой временной ресурс (или морально устаревшие) изделия технического назначения из различных материалов.

Отходы быта – это, в первую очередь, пищевые отходы, изношенные изделия бытового назначения (обувь, одежда, мебель, макулатура), различного вида тара (деревянная, металлическая, стеклянная, бумажная, картонная).

Опасные отходы – отходы, содержащие в своем составе вещества, обладающие хотя бы одним из опасных свойств (токсичность, инфекционность, взрывоопасность, пожароопасность, высокая реакционная способность) и присутствующие в таком количестве и в таком виде, что представляют непосредственную опасность (как самостоятельно, так и при

вступлении в контакт с другими веществами) для здоровья людей или сохранения окружающей среды.

Классификация отходов

Универсальной классификации отходов в настоящее время не существует. Наиболее распространенные признаки, положенные в основу принятых классификаций:

- агрегатное состояние;
- стадии производственного цикла;
- отраслевой признак;
- химический состав основных компонентов;
- классы опасности;
- способ использования отходов в качестве вторичного сырья.

Возможные негативные последствия от поступления отходов в окружающую среду (ОС) определяют класс опасности отхода. В прил. 7 приведены критерии отнесения отходов к классам опасности в соответствии с «Критериями отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды» Минприроды России.

При определении класса опасности отхода для ОС расчетным методом находится показатель его экологической опасности K , рассчитанный по соотношениям концентрации компонентов отхода с коэффициентами их экологической опасности W .

Для определения коэффициента экологической опасности отхода по каждому компоненту отхода, пользуясь справочными материалами, устанавливают уровни их экологической опасности для различных природных сред.

Основные положения, зависимости и расчетные формулы

Количество отходов, образующихся в процессе переработки или использования исходных материалов, может быть определено двумя методами.

Первый – метод материального баланса – используется для различных технологических процессов, учитывая их специфику, и отличается высокой точностью.

Второй метод основан на косвенных расчетах при помощи удельных показателей (нормативы образования отходов) по данным о потреблении сырья или выпуска продукции. На этом методе основаны, например, расчетные зависимости для определения количества загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу при различных технологических процессах.

Отнесение отходов к тому или иному классу опасности осуществляется расчетными методами.

Относительный параметр экологической опасности компонента отхода (X_i) рассчитывают по установленным уровням экологической опасности

компонентов делением суммы баллов по всем параметрам на количество этих параметров.

Рассчитываем относительный параметр экологической опасности компонента отхода (X_i):

$$X_i = \frac{\text{сумма баллов}}{\text{число параметров}}$$

Коэффициент W_i рассчитывается по одной из следующих формул:

$$\lg W_i = 4 - 4/Z_i \quad \text{при } 1 < Z_i < 2$$

$$\lg W_i = Z_i \quad \text{при } 2 < Z_i < 4$$

$$\lg W_i = 2 + 4/(6 - Z_i) \quad \text{при } 4 < Z_i < 5$$

$$\text{где } Z_i = 4X_i/3 - 1/3$$

Показатель опасности компонента отхода K_i рассчитывается по формуле:

$$K_i = C_i / W_i$$

где C_i — концентрация i -го компонента в отходе, мг/кг отхода; W_i — коэффициент экологической опасности i -го компонента отхода.

Некоторые значения показателя W_i приведены в таблице 2.

Таблица 2. - Значения показателя W_i

Коэффициенты W для отдельных компонентов отходов

Наименование компонента	X_i	Z_i	$\lg W_i$	W_i
Бензопирен	1,6	1,8	1,778	59,97
Диоксины	1,4	1,533	1,391	24,6
Диметилфталат	2,166	2,555	2,555	358,59
Кадмий	1,42	1,56	1,43	26,9
Марганец	2,30	2,37	2,73	537,0
Медь	2,17	2,56	2,56	358,9
Свинец	1,46	1,61	1,52	33,1
Тетрахлорэтан	2,4	2,866	2,866	735,6
Хром	1,75	2,0	2,0	100,0

Показатель экологической опасности отхода K определяется как сумма показателей опасности отдельных компонентов:

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_n$$

где K_1, K_2, \dots, K_n — показатели экологической опасности отдельных компонентов отходов:

$$K_1 = C_1 / W_1;$$

$$K_2 = C_2 / W_2,$$

$$K_n = C_n / W_n.$$

Отнесения отхода к классу опасности расчетным методом по показателю экологической опасности отхода осуществляется в соответствии с таблицей 3.

Таблица 3. - Определение класса опасности отхода

Класс опасности отхода	Показатель экологической опасности отхода
I	$10^6 < K < 10^4$
II	$10^4 < K < 10^3$
III	$10^3 < K < 10^2$
IV	$10^2 < K < 10^4$
V	$K \leq 10$

Метод инструментального измерения заключается в определении показателей экотоксичности отхода и водно-миграционного показателя. Если в составе отхода присутствуют органические или биогенные вещества, проводят тест на устойчивость к биодegradации для определения возможности отнесения отхода к классу меньшей опасности.

Задача 2

Фермерское хозяйство дает N кг отходов, состоящих из смеси следующего состава: гербицид — препарат «Аспитокс» (действующее вещество — 4,6-динитро-2-фтор-бутилфенол), и инсектофунгицид ДНЦ (действующее вещество — 4,6-динитро-о-крезол), остальные компоненты представляют собой природные органические соединения ($X=4$, $W_i = 10^6$). Определите класс опасности отхода.

Таблица 1.

№ варианта	N отхода, кг	Содержание «Аспитокса», г	Содержание «ДНЦ», г
1	1,0	200	400
2	1,2	250	600
3	1,4	230	550
4	1,6	300	600
5	1,8	350	640
6	2,0	400	900
7	2,3	600	750
8	2,5	650	830
9	2,7	720	850
10	2,9	850	950

Методические указания к решению задачи

Расчетные формулы представлены в теоретической части

Таблица 2 Показатели опасности отходов

Препарат	LD_{50} мг/кг	$LD_{50}^{КОЖН}$ мг/кг	ПДК _{р.з.} мг/м ³
«Аспитокс»	60	10	0,05

Класс опасности	II	I	II
ДНЦ	47	500	0,05
Класс опасности	II	II	II

Задача 3

Отход производства красителей состоит из смеси порошков *n*-бензохинона и α -нафтохина в соотношении 1:3. Общая масса отхода *N* кг, из них *N*₁ кг представляют собой практически неопасные вещества ($X_i = 4$, $W_i = 10^6$).

Таблица 1 Определить класс опасности вещества.

№ варианта	Количество отхода <i>N</i> , кг	<i>N</i> ₁ , кг
11	12	4
12	16	4
13	14	5
14	18	3
15	20	6
16	19	6
17	12	6
18	16	8
19	14	2
20	18	6

Методические указания к решению задачи:

Расчетные формулы приведены в теоретической части.

Известно, что для *n*-бензохинона $LD_{50} = 250$ мг/кг, ПДК_{р.з} = 0,05 мг/м³, для α -нафтохина $LD_{50} = 190$ мг/кг, ПДК_{р.з} = 0,05 мг/м³.

Задача 4.

Определите класс опасности отхода. Отход производства, состоящий на *N* из глинозема Al_2O_3 и кремнезема SiO_2 , содержит определенное количество меди и марганца. Данные представлены в таблице 1.

Методические указания к решению задачи:

Расчетные формулы и *W* приведены в теоретической части.

Решение (вар. 1):

Определяем по таблице: для меди $W_1 = 358,9$, для марганца $W_2 = 537,0$. Рассчитываем показатель экологической опасности: $K = (500 : 358,9) + (300 : 537) = 1,948$. По таблице классов опасности определяем: определяем: так как $K < 10$, то отход относится к V классу опасности. Ответ: отход относится к V классу опасности.

Таблица 1

№ варианта	N, %	Медь, мг/кг	Марганец, мг/кг
1	93	500	300
2	90	520	290
3	91	510	280
4	94	515	270
5	95	525	260
6	92	480	310
7	89	490	320
8	85	485	330
9	88	495	340
10	84	530	350
11	82	475	295
12	87	535	285
13	83	470	315
14	97	540	325
15	81	465	275
16	96	545	335
17	79	460	265
18	80	450	255
19	75	455	345
20	77	550	240

Задача 5

На предприятии годовой объем полимерных отходов составляет N тыс. т, из которых вторично используется n тыс. т. Неиспользуемые отходы подлежат размещению (захоронению) на полигонах общегородского назначения.

Первый полигон расположен на расстоянии менее 3 км от города, специально обустроен и обеспечивает защиту атмосферы и водных источников. Экономическая оценка занимаемой земли под первый полигон Z^1 (тыс. руб./га).

Второй полигон расположен на расстоянии более 3 км от города, представляет собой выделенное местной администрацией временное место складирования отходов (свалку). Экономическая оценка занимаемой земли под второй полигон Z^2 (тыс. руб./га), данные в вариантах.

Для обоих полигонов считаются одинаковыми:

- удельные затраты на захоронение 1т отходов $k_1 = 20,0$ руб./т;
- затраты на рекультивацию земли $Z_2 = 71000$ руб/га.
- площадь для захоронения 1т отходов $S = 0,18 \cdot 10^{-4}$, га;
- показатель относительной опасности отходов $K = 2$.

Расстояние перевозки отходов на второй полигон на L км больше, стоимость перевозки составляет $d = 3,0$ руб./т·км.

Расчеты проводить с точностью до 0,1 (10 коп.).

Определить более выгодный вариант захоронения, т. е. рассчитать:

- 1) платежи за размещение отходов для двух полигонов;

- 2) увеличение стоимости транспортировки для второго полигона;
 3) общую разницу расходов по захоронениям на первом и втором полигонах.

Вариант	N , т	n , т	L , км	$З_1^1$, руб./га	$З_1^2$, руб./га
1	20000	10000	10	220000	200000
2	18000	6000	30	200000	180000
3	16000	7000	7	180000	170000
4	14000	3000	35	240000	160000
5	12000	8000	15	250000	190000
6	10000	2500	40	300000	210000
7	11000	3000	12	280000	130000
8	13000	6500	38	270000	190000
9	15000	10000	5	260000	185000
10	17000	10000	35	190000	155000
11	19000	10500	17	210000	205000
12	20000	14000	10	230000	115000
13	18000	13000	30	290000	125000
14	16000	10500	7	285000	135000
15	14000	7000	35	275000	145000

Методические указания к решению задачи:

- Объем неиспользуемых, подлежащих захоронению отходов (т): $Q = N - n$.
- Определим размер платы для первого полигона. Затраты, связанные с использованием земли (руб./т), составят: $k_2 = (31 + 32) \cdot S$
 Норматив платы за размещение 1т отходов на полигоне (руб./т), $p = k_1 + k_2$
 Полный норматив платы за размещение 1т отходов (руб./т), $P = p \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot K$
 Размер платы предприятия за размещение отходов на первом полигоне составит (руб.): $\Pi_1 = P \cdot Q$
 Определим размер платы для второго полигона.
 Затраты, связанные с использованием земли (руб./т), составят:
 $k_2 = (31 + 32) \cdot S$
 Норматив платы за размещение 1т отходов на полигоне (руб./т), $p = k_1 + k_2$.
 Полный норматив платы за размещение 1т отходов (руб./т), $P = p \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot K$
 Размер платы предприятия за размещение отходов на первом полигоне составит (руб.): $\Pi_2 = P \cdot Q$
- Увеличение транспортных издержек Z_m (руб.) при захоронении отходов на дальнем полигоне составит: $Z_m = L \cdot d \cdot Q$
- Разница расходов по захоронениям на полигонах будет $\Pi_1 - \Pi_2 - Z_m$

ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

Предмет и задачи промышленной экологии. Классификация загрязнителей

1. В процессе развития промышленных предприятий формируются...
 1. технобиогеоценозы; 2. урбабиогеоценозы; 3. агроценозы; 4. нооценозы
2. Раздел, научное направление в экологии, охватывающие взаимодействие промышленности с окружающей средой, называется _____ экологией
 1. инженерной; 2. глобальной; 3. социальной; 4. политической
3. Подход к окружающей среде, который основное внимание уделяет рациональному использованию природы, называется...
 1. техноцентризм; 2. антропоцентризм;
 3. биоцентризм; 4. экологизм
4. Часть биосферы, в существенной степени преобразованная человеком посредством и эксплуатации различных технических объектов, называется...
 1. техносферой; 2. ноосферой; 3. литосферой; 4. гидросферой
5. В производственную сферу техносферы входит...
 1. электроэнергетика; 2. жилые дома; 3. образование; 4. вооружение
6. В непродовольственную сферу техносферы входит...
 1. личный автотранспорт; 2. легкая промышленность
 3. связь; 4. электроэнергетика
7. Главным компонентом техногенной системы является _____ звено.
 1. промышленное; 2. вспомогательное; 3. коммунальное; 4. бытовое
8. Совокупность веществ, количественно и качественно чуждых естественным биогеоценозам, называется _____ загрязнением.
 1. ингредиентным; 2. параметрическим;
 3. стационарно-деструкционным; 4. биоценоотическим
9. Изменение качественных параметров окружающей природной среды называется _____ загрязнением.
 1. параметрическим; 2. ингредиентным;
 3. стационарно-деструкционным; 4. биоценоотическим
10. Воздействия, вызывающие нарушения в составе и структуре популяций живых организмов, называются _____ загрязнением.
 1. биоценоотическим; 2. параметрическим;
 3. ингредиентным; 4. стационарно-деструкционным
11. Воздействие, приводящее к нарушению и преобразованию ландшафтов и экосистем в процессе природопользования, называется _____ загрязнением.
 1. стационарно-деструкционным; 2. параметрическим;
 3. ингредиентным; 4. биоценоотическим
12. Примерами ингредиентного загрязнения являются...

1. бытовые стоки и ядохимикаты; 2. интродукция и акклиматизация видов; 3. вырубка лесов и эрозия почв; 4. электромагнитное и радиационное воздействие

13. Примерами параметрического загрязнения являются...

1. электромагнитное и радиационное воздействие; 2. бытовые стоки и ядохимикаты; 3. интродукция и акклиматизация видов; 4. вырубка лесов и эрозия почв

14. Примерами стационарно-деструкционного загрязнения являются...

1. вырубка лесов и эрозия почв; 2. электромагнитное и радиационное воздействие; 3. бытовые стоки и ядохимикаты; 4. интродукция и акклиматизация видов

Загрязнение атмосферы и процессы её очистки

1. К стационарным источникам, нарушающим естественное состояние атмосферного воздуха, относятся...

1. промышленные предприятия и ТЭС; 2. автомобили и самолеты;
3. пожары и вулканизм; 4. корабли и локомотивы

2. К передвижным источникам, нарушающим естественное состояние атмосферного воздуха, относятся...

1. автомобили и самолеты 2. промышленные предприятия и ТЭС;
3. пожары и вулканизм; 4. пыльные бури и эрозия почв

3. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха химической промышленностью являются...

1. растворители и органические вещества; 2. углеводороды и меркаптаны; 3. фтористые и цианистые соединения; 4. альдегиды и бенз(а)пирен

4. Основными источниками загрязнения атмосферного воздуха в металлургии и коксохимии являются...

1. фтористые и цианистые соединения; 2. растворители и органические вещества;
3. углеводороды и меркаптаны; 4. альдегиды и бенз(а)пирен

5. К естественным источникам загрязнения атмосферы относится...

1. разложение живых организмов; 2. отопление жилищ;
3. сельское хозяйство; 4. транспорт

6. К искусственным источникам загрязнения атмосферы относится...

1. отопление жилищ; 2. разложение живых организмов;
3. пыльные бури; 4. выветривание

7. К точечным источникам загрязнения относятся... 1. вентиляционные трубы; 2. фонари цехов; 3. открытые склады; 4. ряды близко расположенных труб

8. К рассредоточенным источникам загрязнения относятся...

1. фонари цехов; 2. вентиляционные трубы; 3. дымовые трубы; 4. шахты

9. К сухим пылеулавителям относятся...

1. пылеосадительные камеры; 2. циклоны;
3. рукавичные фильтры; 4. электрофильтры

10. В результате объемной конденсации паров веществ при охлаждении газа, пропускаемого через технологический аппарат, образу(е)тся...

1. возгоны; 2. механическая пыль; 3. летучая зола; 4. промышленная сажа

11. Более эффективными мокрыми пылеулавливателями являются скрубберы...

1. вентури; 2. ударно-инерционные; 3. центробежные; 4. насадочные

12. Общая эффективность улавливания твердых частиц и аэрозолей электрофильтрами составляет _____ процентов. 1. 97; 2. 84; 3. 65; 4. 58

13. Общая эффективность улавливания твердых частиц и аэрозолей циклонами составляет _____ процентов. 1. 84; 2. 97; 3. 65; 4. 58

14. В качестве абсорбентов используе(ю)тся...

1. вязкие масла; 2. глинозем; 3. силикагель; 4. цеолиты

15. В качестве адсорбентов использует(-ют)ся...

1. цеолиты; 2. вязкие масла; 3. поглотительная жидкость; 4. песок

16. На рисунке изображен аппарат...

1. мокрой очистки газов; 2. для очистки газов методом фильтрации;
3. электрической очистки газов; 4. сухой очистки газов

17. На рисунке 1 изображены

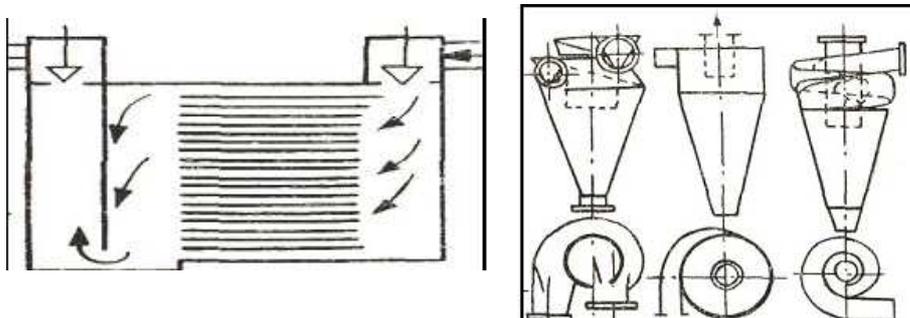


Рисунок 1

1. скрубберы
2. электрофильтры
3. рукавные фильтры
4. циклоны

18. На рисунке 2 изображен аппарат, применяемый для _____ очистки газов

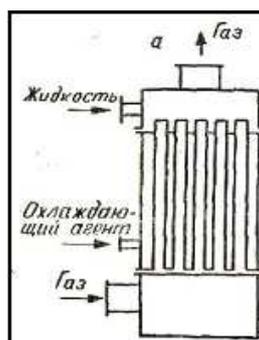


Рисунок 2

1. химической
2. термической
3. электрической
4. механической

19. На рисунке 3 изображен...

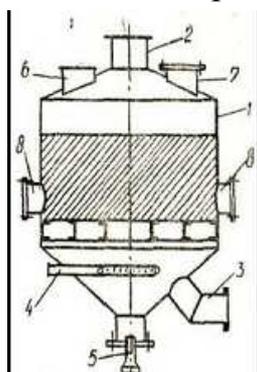


Рисунок 3

1. адсорбер
2. абсорбер
3. скруббер
4. циклон

20. На рисунке 4 изображен скруббер...

1. противоточный насадочный
2. повышенного давления
3. с шаровой насадкой
4. центробежный

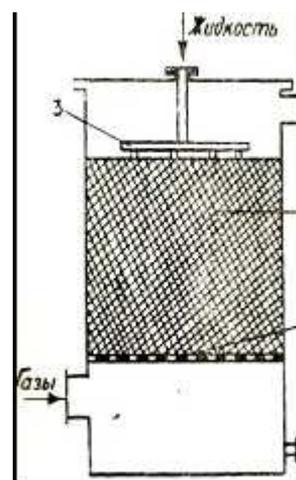


Рисунок 4

21. Для охраны атмосферы от загрязнения применяют такие мероприятия, как...

1. экологизация технических процессов;
2. устройство санитарно-защитных зон;
3. очистка выбросов от вредных примесей;
4. интродукция новых видов;
5. оборонное водоснабжение;
6. биологическая рекультивация земель

22. Охране атмосферного воздуха от загрязняющих веществ способствуют...

1. пыле- и газоулавливающие средства;
2. альтернативные источники энергии;
3. зеленые насаждения и лесопарковые массивы;
4. очистные сооружения канализации;
5. процессы эвтрофикации;
6. системы оборотного водоснабжения

Загрязнение поверхностных и грунтовых вод промышленными выбросами. Методы очистки сточных вод

1. В сточных водах целлюлозно-бумажного комплекса содержатся...

1. лигнины и смолистые вещества;
2. нефтепродукты и сульфиды;
3. тяжелые металлы и цианиды;
4. органические красители и СПАВ

2. Синтетические поверхностно-активные вещества, нефтепродукты, органические красители и органические вещества содержатся в сточных водах предприятий _____ отрасли.

1. текстильной;
2. горнодобывающей;
3. нефтехимической;
4. целлюлозно-бумажной

3. Системы водоочистки для гальванических производств необходимо внедрять на(в)...

1. машиностроении; 2. транспорте; 3. цветной металлургии; 4. энергетике

4. Основными видами загрязнений промышленных сточных вод цветной и черной металлургии являются...

1. минеральные взвеси; 2. хлориды; 3. цианиды; 4. фенолы

5. Основными видами загрязнений промышленных сточных вод синтетической химией являются...

1. хлориды; 2. минеральные взвеси; 3. цианиды; 4. фенолы

6. Сточные воды, содержащие большое количество сульфатов, характерны для _____ предприятий. 1. кожевенных; 2. нефтеперерабатывающих; 3. машиностроительных; 4. коксохимических

7. Механическим методом очистки сточных вод является...

1. центрифугирование; 2. коагуляция; 3. нейтрализация; 4. биохимическое окисление

8. Барботирование, озонирование и хлорирование являются _____ методами очистки сточных вод. 1. химическими; 2. механическими; 3. биохимическими; 4. термическими

9. Экстракция, сорбция и дезодорация являются _____ методами очистки сточных вод. 1. физико-химическими; 2. механическими; 3. биохимическими; 4. термическими

10. В аэротенках и окситенках происходит _____ очистка сточных вод. 1. биохимическая; 2. физико-химическая; 3. механическая; 4. термическая

11. На рисунке 1 аэротенки изображены под цифрой...

1. 4; 2. 1; 3. 2; 4. 3

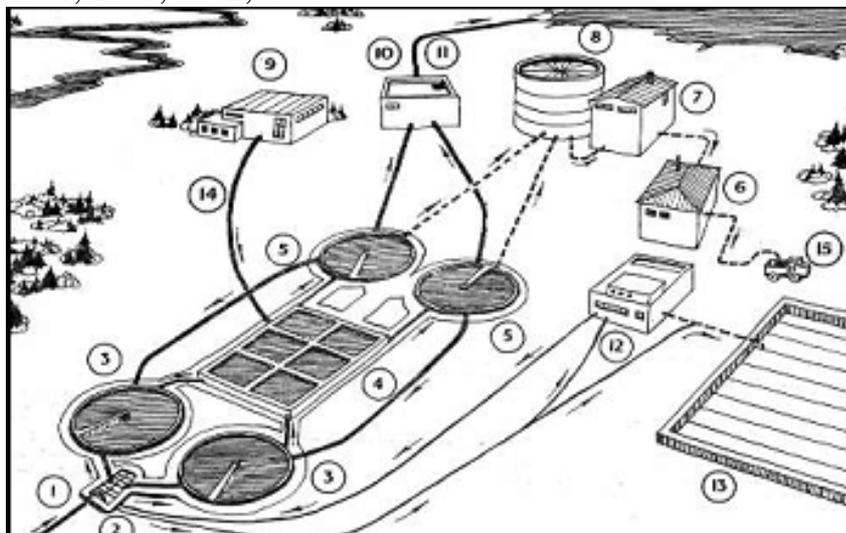


Рисунок 1

12. На рисунке 1 под цифрой 8 изображена(ы)...

1. метантенк; 2. аэротенки; 3. песколовка; 4. отстойники

13. На рисунке 2 под цифрой 4 изображены...

1. песколовочные площадки; 2. иловые площадки;
3. сельскохозхозяйственные поля; 4. поля орошения

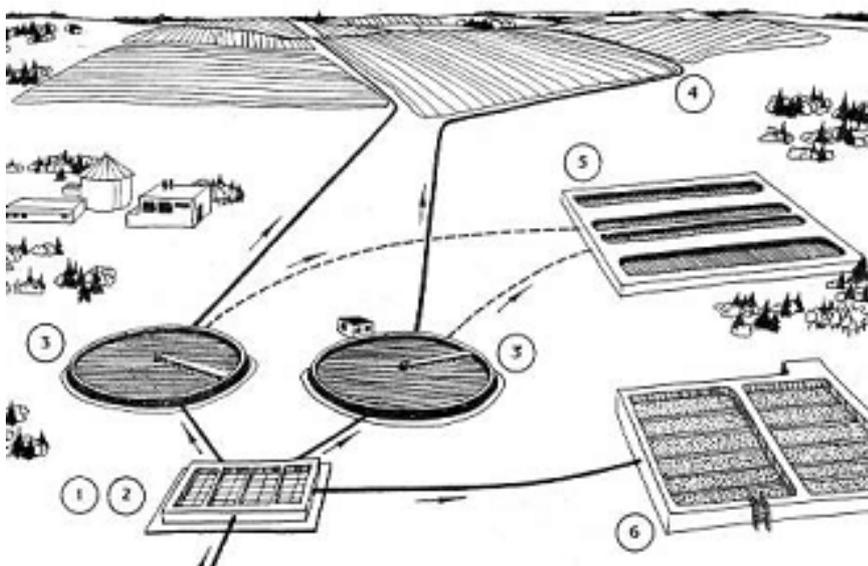


Рисунок 2

14. На рисунке 2 под цифрой 3 изображены...

1. поля орошения; 2. песколовки; 3. иловые площадки; 4. отстойники

15. К мерам по охране водных ресурсов относят...

1. создание водоохранных зон;
2. применение оборотной системы водоснабжения;
3. агролесомелиоративные мероприятия;
4. использование пестицидов и удобрений;
5. создание условий для смыва почв в воду
6. распашку земель на прибрежной полосе

Твердые промышленные и бытовые отходы.

Методы их утилизации. Охрана почв и ландшафтов

1. По происхождению отходы бывают...

1. промышленными и биологическими;
2. твердыми и жидкими;
3. горючими и не горючими;
4. высокоопасными и нетоксичными

2. По степени токсичности отходы бывают...

1. высокоопасными и малоопасными;
2. промышленными и биологическими;
3. твердыми и жидкими;
4. горючими и негорючими

3. Система мероприятий по охране почв заключается в...

1. защите от эрозии и засоления;
2. снижении применения пестицидов;
3. ограничении захоронения токсичных отходов;
4. использовании альтернативных источников;
5. снижении выбросов фреонов и диоксинов;
6. установке газоулавливающих средств

4. Роль зеленых насаждений в городах заключается в их...

1. способности выделять кислород;
2. шумозащитных свойствах;
3. пылеосаждающей способности;
4. лесохозяйственной ценности;
5. топливном использовании;
6. способности поглощать фреоны

5. Охрана земель заключается в проведении таких почвозащитных мероприятий, как...

1. фитомелиорация; 2. почвозащитная обработка почв; 3. снегозадержание; 4. обратное водоснабжение; 5. захоронение бытовых отходов; 6. биоиндикация

6. Противозерозионная роль лесных насаждений в охране земель заключается в...1. задержке осадков; 2. укреплении почв; 3. снижении скорости ветра; 4. выделении кислорода; 5. поглощении углекислого газа; 6. усилении поверхностного стока

7. Гидротехнические мероприятия по защите почв сводятся к...

1. засыпке промоин; 2. террасированию склонов; 3. выравниванию оврагов; 4. орошению земель; 5. захоронению бытовых отходов; 6. снижению выбросов углекислого газа

8. Использование альтернативного земледелия в целях охраны почв сводится к...1. отказу от пестицидов; 2. соблюдению севооборотов;

3. применению навоза и компоста; 4. использованию минеральных удобрений; 5. вывозу растительных остатков; 6. отказу от бобовых культур

9. Рекультивация нарушенных земель проводится с целью их использования для...1. земледелия; 2. создания лесных массивов; 3. строительства жилья; 4. добычи полезных ископаемых; 5. захоронения отходов; 6. орошения

10. Охрана земельных ресурсов заключается в защите почв от...

1. эрозии; 2. заболачивания; 3. засоления; 4. рекультивации; 5. мульчирования; 6. сукцессии

11. Основные способы защиты почвы от деградации при добыче полезных ископаемых сводятся к...1. снятию почвы с нарушаемых земель;

2. предохранению от попадания фитотоксичных пород;

3. охране от попадания неочищенных вод;

4. засыпке провалов и проседаний;

5. комплексному использованию добываемого сырья;

6. сохранению почвенного слоя при создании рудников.

Энергетика и окружающая среда. Виды топлива. Загрязнения топливно-энергетическим комплексом и очистка от этих загрязнений

1. Экологически чистые виды топлива и устройства каталитического дожигания и улавливания вредных веществ необходимо внедрять на(в)...

1. транспорте; 2. машиностроении; 3. цветной металлургии; 4. энергетике;

2. К природным топливам относятся...1. торф и антрацит; 2. эфир и бензин; 3. керосин и мазут; 4. масло и спирт

3. К искусственным топливам относятся...

1. коксовый и водяной газ; 2. древесина и природный газ;

3. каменный и бурый угли; 4. торф и древесина

4. К альтернативным топливам относятся...

1. спирт и топливные масла; 2. перолейный эфир и автомобильный бензин;

3. торф и древесина; 4. соляровые масла и мазут

5. К экологическим нарушениям природной среды при горных работах относя(е)тся...

1. горение породных отвалов; 2. провалы от подземных работ;

3. котлованы карьеров; 4. нагорные канавы

6. Что такое альтернативная энергетика:

1. получение энергии от нетрадиционных источников;

2. получение энергии от Солнца, ветра, геотермальных источников, морских приливов. 3. получение энергии не из угля, сланцев, нефти, газа, а из воды на ГЭС.

7. К альтернативным источникам энергии, оказывающим минимальное воздействие на окружающую среду, относят...

1. солнечную радиацию; 2. энергию приливов и отливов; 3. энергию ветра; 4. каменный уголь; 5. природный газ; 6. гравитационную энергию

8. Среди мировых запасов топлива на первом месте стоит:

1. нефть; 2. уголь; 3. газ; 4. уран.

9. Фактором, лимитирующим жизнь обитателей в районе атомной электростанции, является: 1. изменение температуры воды; 2. изменение температуры воздуха; 3. увеличение скорости потребления биогенов; 4. изменение радиационного фона; 5. изменение режима освещенности; 6. скорость разложения органических веществ.

10. Фактором, влияющим на жизнь сообщества в районе гидроэлектростанции, является: 1. увеличение отражающей поверхности воды; 2. выделение газов из водохранилища; 3. изменение влажности воздуха; 4. концентрация элементов минерального питания; 5. изменение режима аэрации почвы вблизи водохранилища; 6. изменение атмосферного давления.

11. Повышение температуры воды в водоемах вследствие теплового загрязнения способствует: 1. усиленному размножению плотоядных рыб; 2. ускорению «цветения»; 3. изменению цвета воды до светло-зеленого и даже до голубого; 4. замыканию биотического круговорота; 5. потере водой растворенного кислорода; 6. поглощению кислорода из атмосферного воздуха.

12. С экологической точки зрения решение проблем энергетики связано: 1. со строительством гидроэлектростанций на горных реках;

2. со строительством современных тепловых электростанций;

3. с разработкой новых безопасных реакторов для атомных станций,

4. с использованием нетрадиционных возобновляемых источников энергии.

13. Естественный шумовой фон составляет:

1. 20-30 дБ; 2. 50-60 дБ; 3. 80-90 дБ; 4. 110-120 дБ.

14. Повышенные дозы облучения человеческого организма не вызывают: 1. нарушений функций кроветворения; 2. злокачественных опухолей; 3. желудочно-кишечных кровотечений; 4. инфаркта миокарда.

15. На самочувствие человека оказывают положительное воздействие:

1. полное отсутствие звуков;
2. положительно заряженные ионы;
3. отрицательно заряженные ионы;
4. ультра- и инфразвуки.

16. К какому виду ресурсов относится Солнце:

1. практически неисчерпаемым;
2. невозобновимым;
3. возобновимым.

Оценка состояния окружающей среды

1. Задачей мониторинга состояния окружающей среды является...

1. выявление причин;
2. оценка;
3. прогноз;
4. принятие решений

2. Целью мониторинга состояния окружающей среды является...

1. прогноз;
2. выявление причин;
3. наблюдение;
4. анализ

3. Процесс технологии мониторинга можно представить в виде такого алгоритма, как...1. измерение; 2. анализ; 3. описание; 4. моделирование

4. На первом этапе ОВОС готовится...

1. уведомление о намерениях; 2. заявление о воздействии на окружающую среду;

3. протокол обсуждения воздействия на окружающую среду;

4. заявление об экономических последствиях

5. Разработка концепции намечаемой деятельности проводится на _____ этапе ОВОС. 1. первом; 2. втором; 3. третьем; 4. четвертом

6. Общественные (публичные) слушания и обсуждения проводятся на _____ этапе ОВОС. 1. третьем; 2. первом; 3. втором; 4. четвертом

7. Под экологическим мониторингом понимается система, позволяющая выявить изменение окружающей среды при помощи...

1. наблюдения; 2. оценки качества; 3. прогнозирования;

4. стандартизации; 5. нормирования; 6. сертификации

8. По степени охвата биосферы выделяют такие виды мониторинга, как...1. локальный; 2. глобальный; 3. региональный;

4. абиотический; 5. фоновый; 6. биологический

9. Региональный мониторинг охватывает...

1. определенную географическую зону; 2. крупный район;

3. территориально-производственный комплекс; 4. определенный населенный пункт 5. отдельное предприятие; 6. промышленный центр

10. Характерными особенностями организмов, позволяющими использовать их в качестве объектов биоиндикации, являются те, которые:

1. позволяют судить о степени вредности тех или иных веществ для живой природы и человека;

2. имеют короткий вегетативный период, приуроченный к теплоте времени года;

3. суммируют все биологически важные данные о загрязнителях;

4. отличаются скоростью роста на разных этапах онтогенеза;
5. имеют повышенную чувствительность к основным загрязняющим веществам;

6. накапливают загрязняющие вещества в связанном состоянии в генеративных органах.

11. Локальный мониторинг охватывает...1. промышленный центр;

2. отдельное предприятие; 3. определенный населенный пункт;

4. территориально-производственный комплекс;

5. крупный район; 6. определенную географическую зону

12. При мониторинге окружающей среды используются...

1. химические параметры; 2. биологические показатели; 3. физические параметры; 4. эстетические качества; 5. экономические показатели; 6. технические показатели

13. Объектами глобального мониторинга являются...

1. озоновый экран; 2. атмосфера; 3. растительный покров;

4. промышленные стоки; 5. поверхностные воды; 6. радиоактивные излучения

14. Объектами санитарно-гигиенического мониторинга являются...

1. радиоактивные излучения; 2. поверхностные воды; 3. промышленные стоки;

4. растительный покров; 5. атмосфера; 6. озоновый экран

15. Для мониторинга состояния приземного слоя воздуха используют такие показатели, как...

1. двуокись серы; 2. пыль; 3. бенз(а)пирен; 4. нефтепродукты; 5. пестициды; 6. шум

16. При выборе приоритетных направлений мониторинга для загрязняющих веществ учитываются...1. возможность измерений; 2. размер воздействия на человека и экосистемы; 3. возможность концентрации и трансформации; 4. возможность вторичного использования;

5. влияние на редкие и исчезающие виды; 6. необходимость изучения свойств вещества

17. При мониторинге снежного покрова учитываются такие загрязняющие вещества, как... 1. свинец; 2. ртуть; 3. бенз(а)пирен; 4. оксид углерода; 5. озон; 6. азот

18. При мониторинге почв учитываются такие загрязняющие вещества, как... 1. свинец; 2. ртуть; 3. кадмий; 4. пыль; 5. озон; 6. фреон

19. Глобальная система мониторинга окружающей среды проводит наблюдения за состоянием...1. подземных вод; 2. лесов; 3. диких животных; 4. транспортных сетей; 5. агроэкосистем; 6. ноосферы

20. Глобальная система мониторинга окружающей среды проводит наблюдения за состоянием...

1. подземных вод; 2. лесов; 3. диких животных;

4. транспортных сетей; 5. агроэкосистем; 6. ноосферы

21. Состояние природных ресурсов оценивает мониторинг...

1. атмосферного воздуха; 2. лесных ресурсов; 3. диких растений;
4. агроэкосистем; 5. урбанизированных территорий; 6. промышленных предприятий

Экологическое нормирование

1. У чрезвычайно опасных веществ величина ПДК составляет _____ мг/м³. 1. $\leq 0,1$; 2. 0,1-1; 3. 1-10; 4. >10
2. Малоопасные вещества относятся к (ко) _____ классу опасности.
 1. четвертому; 2. первому; 3. второму; 4. третьему
3. Класс опасности у бенз(а)пирена - ...
 1. первый; 2. второй; 3. третий; 4. четвертый
4. Ко второму классу опасности относятся, такие содержащиеся в воздухе, вещества как...
 1. бензол и сероводород; 2. сажа и толуол;
 3. винилацетат и капролактамы; 4. ацетон и аммиак
5. Согласно санитарно-гигиенической классификации к первому классу относятся производства...
 1. аммиака; 2. мочевины; 3. битума; 4. полистирола
6. Производства искусственной кожи относятся к (ко) _____ классу предприятий.
 1. второму; 2. первому; 3. третьему; 4. четвертому
7. Отходы, содержащие соединения сурьмы, являются...
 1. чрезвычайно опасными; 2. высокоопасными;
 3. умеренно-опасными; 4. малоопасными
8. Отходы, содержащие оксиды свинца, являются...
 1. умеренно-опасными; 2. чрезвычайно опасными;
 3. высокоопасными; 4. малоопасными
9. ПДК по органолептическому ЛПВ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения установлена для...
 1. железа; 2. Никеля; 3. Метанола; 4. хрома
10. ПДК по рыбохозяйственному ЛПВ в воде водных объектов, используемых для рыбохозяйственных целей установлена для...
 1. нефтепродуктов; 2. формальдегида; 3. цинка; 4. нитритов
11. Санитарно-бактериологические свойства почвы характеризуют такие показатели, как...
 1. коли-титр; 2. патогенные микроорганизмы; 3. термофильные бактерии
 4. азот аммонийный; 5. канцерогенные вещества; 6. пестициды
12. Санитарно-химические свойства почвы характеризуют такие показатели, как...
 1. пестициды; 2. канцерогенные вещества; 3. азот аммонийный;
 4. коли-титр; 5. патогенные микроорганизмы; 6. термофильные бактерии
13. Санитарное состояние почвы характеризуют такие параметры, как...
 1. наличие кишечной палочки; 2. санитарное число; 3. титр анаэробных бактерий;
 4. озон; 5. оксид углерода; 6. формальдегид

14. Санитарное состояние атмосферы оценивают такими параметрами, как количество... 1. оксида углерода; 2. формальдегида; 3. озона; 4. кишечной палочки; 5. синтетически поверхностно-активных веществ; 6. гельминтов

15. Санитарно-гигиеническими нормативами качества природной среды считают...1. ПДК; 2. ПДУ; 3. ОДК; 4. СПАВ; 5. СМС; 6. НТП

16. К экологическим нормативам качества природной среды относят...
1. градостроительные правила; 2. экологические требования к продукции; 3. нормативы санитарно-защитных зон; 4. природно-ресурсный потенциал; 5. управление природопользованием; 6. санитарно-гигиенический мониторинг

17. Предельно-допустимые концентрации устанавливаются для таких видов антропогенных загрязнений, как... 1. фенол; 2. ДДТ; 3. бенз(а)пирен; 4. шум; 5. вибрация; 6. радиация

18. Предельно-допустимый уровень оценивается для таких видов антропогенных загрязнений, как...1. радиация; 2. вибрация; 3. шум; 4. фреон; 5. озон; 6. бенз(а)пирен

19. Для экологической стандартизации характерны такие виды деятельности, как...1. разработка и внедрение обязательных технических требований и норм; 2. регламентирование деятельности по отношению к окружающей среде; 3. научное обоснование нормативов воздействия на природу; 4. мониторинг состояния окружающей среды; 5. прогнозирование уровня техногенных воздействий на природу; 6. информационное обеспечение экологической экспертизы.

Задачи к практическим занятиям

Задание 1. Расчет циклона

Рассчитать центробежный пылесадитель для улавливания из воздуха мелких твердых частиц пыли с удельным весом $\rho_{\text{ч}}$ кг/м³. Наименьший диаметр улавливаемых частиц $d_{\text{ч}}$ мкм. Объем поступающих выбросов $V_{\text{сек}}$ м³/час, средняя температура воздуха $t_{\text{в}}$ 0С. Удельный вес воздуха при заданной температуре $\rho_{\text{в}}$ кг/м³, динамическая вязкость $\mu_{\text{в}}$ Па с и кинематическая вязкость $\nu_{\text{в}}$ м²/с.

№	Тип	$\rho_{\text{ч}}$	$d_{\text{ч}}$	$V_{\text{сек}}$	$t_{\text{в}}$	$\rho_{\text{в}}$	$\mu_{\text{в}} * 06$	$\nu_{\text{в}} * 106$
1	НИОГАЗ	2800	8	3500	20	1,205	1,86	15,06
2	ВТИ	3000	4	2800	60	1,168	2,05	17,55
3	ЦККБ	1500	15	2300	50	1,186	2,0	16,86
4	НИОГАЗ	3000	5	4100	60	1,168	2,05	17,55
5	ВТИ	2300	10	1800	20	1205	1,86	15,06
6	ЦККБ	270	7	2300	50	1,186	2,0	16,86

Задание 2. Расчет электрофильтра.

Рассчитать пластинчатый электрофильтр для очистки воздуха $V_{\text{сек}}$ м³/час с температурой $t_{\text{в}}$ 0С. Наименьший размер улавливаемых частиц $d_{\text{ч}}$ мкм. Градиент напряжения E кВ/см, расстояние между пластинами (или радиус осадительного электрода) R_2 мм, диаметр коронирующего электрода D_1 мм, длина пластины L м, ширина пластины b_0 м, плотность тока i А/м. Динамическая вязкость воздуха при данной температуре $\mu_{\text{в}}$ Па с.

№	$V_{\text{сек}}$	$T_{\text{в}}$	$D_{\text{ч}}$	E	R_2	D_1	L	b_0	$i * 10^3$	$\mu_{\text{в}} * 10^6$
1	28000	70	0,4	3,8	200	3	2	1,5	0,15	2,1
2	25000	20	0,8	4,5	150	2	3	2	0,3	1,86
3	32000	50	0,5	4,0	150	4	2,5	1,5	0,2	2,0
4	30000	60	0,75	3,8	200	4	2	2	0,35	2,05
5	27000	70	0,3	3,9	150	3	3	1,5	0,25	2,1
6	31500	50	0,35	3,8	200	2	1,5	1,5	0,1	2,0

Задание 3. Расчет необходимой степени очистки.

Определить необходимую степень очистки сточных вод по БПКполн перед сбросом в широкую реку с характеристикой русла (P) в летний период года и зимний период года (Π), при следующих исходных данных: расход сточных вод G м³/с, расход воды в водоеме Q м³/с, средняя скорость течения воды $v_{\text{ср}}$ м/с, глубина реки $H_{\text{ср}}$ м, расстояние от места выпуска сточных вод до места забора воды L км и L_{Π} км, русловый выпуск сточных вод. Константа скорости потребления кислорода сточной воды $K_{\text{СТ}}$, речной воды $K_{\text{Р}}$. БПКполн сточной воды, поступающей на очистку $L_{\text{А}}$ мг/л, речной воды $L_{\text{Р}}$ мг/л смеси сточной и речной воды $L_{\text{ПД}}$ мг/л.

№	P	Π	G	Q	$v_{\text{ср}}$	$H_{\text{ср}}$	L	L_{Π}	$K_{\text{СТ}}$	$K_{\text{Р}}$	$L_{\text{А}}$	$L_{\text{Р}}$	$L_{\text{ПД}}$
1	4	2	0,8	18	0,5	1,5	3,3	2,7	0,18	0,07	1,9	400	3

2	5	4	1,2	25	0,64	1,75	3,35	1,9	0,21	0,09	1,2	300	3
3	7	1	1,4	21	0,6	1,3	2,0	1,45	0,12	0,06	1,8	500	6
4	5	3	0,7	20	0,45	1,2	3,0	2,4	0,16	0,10	2,3	400	6
5	4	5	1,3	15	0,3	1,4	2,9	1,9	0,20	0,10	1,7	300	3
6	5	2	0,9	17	0,4	1,8	3,3	2,7	0,16	0,08	1,5	350	3

Задание 4. Расчет отстойника.

Рассчитать горизонтальный и радиальный отстойники при следующих условиях: расчетный расход сточных вод q м³/сек, размер частиц $d_{ч}$ м, плотность частиц $\rho_{ч}$; отстойник предназначен для осветления воды перед ее очисткой в аэротенке; первоначальная концентрация сточных вод A мг/л, концентрация загрязнений в очищенной сточной воде M мг/л, температура воды $t_{в}$ 0С, при заданной температуре плотность воды $\rho_{в}$ кг/м³, динамическая вязкость $\mu_{в}$ Па с.

№	Q	$D_{ч} * 10^5$	$\rho_{ч}$	A	M	$T_{в}$	$\rho_{в}$	$\mu_{в} * 10^3$
1	0,7	2,5	1800	200	50	15	999,1	1,1565
2	0,8	3,0	2300	300	80	19	998,4	1,0353
3	0,5	3,5	1950	500	120	21	998,0	0,9828
4	0,6	4,0	2100	300	100	14	999,3	1,1868
5	0,9	5,0	1600	500	100	16	998,9	1,1262
6	0,45	4,5	1750	200	60	18	998,6	1,0656

Задание 5. Расчет биофильтра и аэротенка.

Произвести расчет высоконагружаемого биофильтра при следующих исходных данных: расход сточных вод q м³/сут, БПК поступающих сточных вод L_a , БПК очищенной воды L_t мг/л. Средняя температура сточных вод t 0С.

Произвести расчет аэротенка-смесителя, исходя из следующих данных: расход сточных вод Q м³/ч, в том числе сточных вод, имеющих первую группу загрязнений, Q' м³/ч, а вод, имеющих вторую группу загрязнений, Q'' м³/ч; концентрация загрязнений общего стока по ХПКн (X_n) мг/л и по БПКполн (L_a) мг/л; температура общего стока t 0С; активная реакция сточных вод $pH=7$; необходимое содержание растворенного кислорода в сточных водах на выходе из вторичных отстойников O_2 мг/л; допустимая концентрация загрязнений общего стока на выходе из вторичных отстойников $L_{тср}$ мг/л; рабочая глубина аэротенка-смесителя H м, аэратор (А); сточные воды первой группы – (I) сточные воды, второй группы – бытовые. Расход возвратного ила g м³/ч.

№	L_A	L_T	Q	Q	Q'	Q''	X_n	O_2	$L_{T_P}^C$	H	G	A	I	T
1	650	15	40000	12000	8000	4000	1100	2	15	3,5	5000	1	4.1	8
2	750	10	38000	15000	9000	6000	1200	2	15	4,0	4500	2	2.1	10
3	650	15	41500	9000	6500	2500	900	2	15	4,5	4000	3	4.2	16
4	550	10	44000	10000	7000	3000	800	2	15	3,0	3500	3	3.2	6

5	900	15	46500	11000	8000	3000	1200	2	15	3,5	5200	2	5.1	12
6	600	10	42500	13500	9500	4000	1000	2	15	4,0	3800	1	2.2	18

Задание 6. Расчет метантенка

Рассчитать метантенки по влажному осадку, состоящего из осадка из первичных отстойников влажностью $W_{o.c}$ %, удельный вес которого $\gamma_{o.c}$ кг/м³ в количестве $V_{o.c}$ м³/сут и избыточного активного ила влажностью $W_{ил}$ %, удельный вес которого $\gamma_{ил}$ кг/м³ в количестве $V_{ил}$ м³/сут.

№	$W_{o.c}$	$\gamma_{o.c}$	$V_{o.c}$	$W_{ил}$	$\gamma_{ил}$	$V_{ил}$
1	95	0,96	900	97	0,97	350
2	97	0,98	1100	98	0,95	410
3	96	0,95	950	97	0,98	380
4	98	0,97	1030	98	0,96	420
5	97	0,96	930	98	0,97	390
6	95	0,95	980	97	0,98	400

Задание 7. Расчет величины максимальной приземной концентрации

Определить величину максимальной приземной концентрации C_M для выброса нагретой газозвушной смеси из одиночного (точечного) источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях (НМУ) на расстоянии X от источника при следующих условиях:

№ ВАРИАНТ	Значения параметров							
	A	$M, Г/С$	F	H	$\Delta T, ^\circ C$	H	$D, М$	$W_0, М/С$
1	240	70	3	10	25	0,8	0,25	5,0
2	200	80	3	10	25	0,7	0,35	7,0
3	200	100	3	20	30	1,0	0,50	9,0
4	160	50	2	20	40	1,0	0,45	1,0
5	120	60	2	30	50	0,5	0,45	4,0
6	120	90	1	30	70	0,5	0,60	12,0
7	200	20	1	60	20	0,4	0,60	2,0
8	200	35	2	60	5	0,5	0,50	1,5
9	240	40	2	100	10	1,0	0,50	3,0
10	240	120	3	100	15	0,7	0,40	6,0
11	160	85	3	80	45	0,8	0,40	7,0
12	160	75	2	80	30	1,0	0,35	12,0
13	120	55	1	60	100	0,5	0,35	4,0
14	120	35	2	60	25	0,5	0,45	2,5
15	240	45	1	90	15	1,0	0,55	3,5
16	160	120	3	90	10	0,4	0,65	6,5
17	200	110	2	20	5	0,4	0,25	8,5
18	160	150	1	15	35	0,8	0,40	3,5
19	160	130	1	30	40	0,8	0,70	0,8
20	200	75	2	25	70	0,5	1,0	4,5

Задание 8. Определение расстояния от источника до точки максимальной приземной концентрации

Вычислите расстояние X_m от источника, на котором достигается величина максимальной приземной концентрации C_m при НМУ для следующих условий: $A = 120$; $z = 100$ мг/м³.

№ ВАРИА НТА	ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ					
	H, M	$V_1, M^3/C$	$\Delta T, ^\circ C$	F	H	D, M
1	5	0,22	40	2	0,8	0,25
2	7	0,38	20	1	0,7	0,35
3	10	0,42	30	3	1,0	0,50
4	12	0,15	60	1	1,0	0,45
5	16	0,18	5	2	0,5	0,45
6	20	0,52	10	3	0,5	0,60
7	6	0,90	15	3	0,4	0,60
8	24	1,10	18	2	0,5	0,50
9	35	0,35	27	2	1,0	0,50
10	8	0,87	32	1	0,7	0,40
11	42	0,95	6	1	0,8	0,40
12	10	0,32	55	2	1,0	0,35
13	40	1,50	80	3	0,5	0,35
14	9	0,30	25	2	0,5	0,45
15	13	0,66	5	2	1,0	0,55
16	50	0,25	20	1	0,4	0,65
17	15	2,10	45	1	0,4	0,25
18	55	0,18	70	3	0,8	0,40
19	17	1,70	30	3	0,8	0,70
20	8	0,75	24	1	0,5	1,00

Перечень вопросов к итоговому контролю

1. Промышленная экология: основные понятия и законы
2. Проблема комплексного использования сырья и отходов
3. Основные загрязнители окружающей среды в процессе производственной деятельности
4. Промышленное загрязнение почв
5. Почвенный покров и его экологическое значение
6. Характеристика загрязняющих веществ атмосферы
7. Классификация источников выбросов загрязняющих веществ
8. Нормирование атмосферных загрязняющих веществ
9. Последствия загрязнения атмосферы
10. Воздействие промышленных выбросов на здоровье человека
11. Физико-химические методы очистки стоков
12. Нормирование качества атмосферного воздуха
13. Методы очистки газовых выбросов в атмосферу
14. Механические методы газоочистки
15. Физико-химические методы газоочистки
16. Рассеивание вредных веществ отведением выбросов на большую высоту и устройством санитарно-защитных зон
17. Безотходные и малоотходные производства
18. Фундаментальные свойства гидросферы
19. Назначение воды
20. Загрязнение природных вод
21. Меры по очистке и охране вод
22. Основные способы улучшения качества воды
23. Основные технологические схемы водоподготовки
24. Методы очистки сточных вод
25. Меры по охране вод
26. Пути выхода из водного кризиса
27. Классификация твердых отходов. Транспортировка твердых отходов
28. Полигоны для твердых отходов
29. Хранение и нейтрализация токсичных промышленных отходов
30. Переработка твердых отходов
31. Рециклизация
32. Обработка осадка сточных вод
33. Отходы как источник энергии
34. Общая характеристика загрязнения биосферы промышленностью
35. Влияние электроэнергетики на состояние окружающей среды
36. Влияние черной металлургии на состояние окружающей среды
37. Влияние цветной металлургии на состояние окружающей среды
38. Влияние нефтедобывающей промышленности на состояние окружающей среды
39. Влияние химической промышленности на состояние окружающей среды

40. Нормативно-правовые основы природопользования и охраны окружающей среды
41. Система стандартов в области охраны природы
42. Государственные органы охраны окружающей природной среды
43. Виды ответственности за экологические правонарушения
44. Экологический паспорт предприятия
45. Экологическая экспертиза
46. Экологический аудит
47. Методы защиты атмосферы от промышленных выбросов
48. Методы защиты гидросферы от промышленных выбросов
49. Ионизирующее излучение: нормирование, методы защиты.
50. Акустическое загрязнение: нормирование, методы защиты.

Список литературы

1. Белов С. В. и др. Охрана окружающей среды. Учеб. пособие для студентов вузов. – М.: Высш. шк., 1983. – 264 с.
2. Техника защиты окружающей среды. / Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп.- М.:Химия.-1989.-512 с.
3. Шиповский И. Я. , Бондаренко С. Н, Шабанова В. П. Безопасность жизнедеятельности. Окружающая среда. Учеб. пособие / ВолгГТУ. – Волгоград, 2001. – 90 с.
4. Кукин П. П. И др. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов производств. Охрана труда. - М.: Высш. шк., 1999. – 318 с.
5. Очистка и рекуперация промышленных выбросов / Под ред. Максимова В.Ф. и Вольфа И.В. Изд. 2-е. М.: Лесная пром-ть.-1981.-640 с. 6.
6. Справочник по пыле- и золоулавливанию / М.И. Биргер, А.Ю. Вальдберг, Б.И.Мягков и др: Под ред. А.А. Русанова. - М.: Энергоатомиздат, 1983, 312 с.
7. Очистка и рекуперация промышленных выбросов / Под ред. Максимова В.Ф. и Вольфа И.В. Изд. 2-е. М.: Лесная пром-ть.-1981.-640 с.
8. Очистка производственных сточных вод: Учебное пособие для студентов вузов / Яковлев С.В., Карелин Я.А., Ласков Ю.М., Воронов Ю.В. М.: Стройиздат.-1979.-320с.
9. Канализация: Учебное пособие для студентов вузов / Яковлев С.В., Ласков Ю.М. М.: Стройиздат.-1979.-320с.
10. Методы очистки производственных сточных вод: Справочное пособие / 11.Жуков А.И., Монгайт И.Л., Родзиллер И.Д.-М.: Стройиздат.-1977.-204 с.
11. Современные средства измерения загрязнения атмосферы. Д.Л. Бронштейн, Н.Н. Александров.-Л.: Гидрометеиздат.-1989.-327 с.

Электронное учебное издание

Инна Николаевна **Хлобжева**
Наталья Александровна **Соколова**

ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ

*учебно-методическое пособие
к лабораторным и практическим занятиям*

Электронное издание сетевого распространения

Редактор Матвеева Н.И.

Темплан 2019 г. Поз. № 25.
Подписано к использованию 17.06.2019. Формат 60x84 1/16.
Гарнитура Times. Усл. печ. л. 4,0.

Волгоградский государственный технический университет.
400005, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, корп. 1.

ВПИ (филиал) ВолгГТУ.
404121, г. Волжский, ул. Энгельса, 42а.