

В. В. Кирсанов, А. А. Смолко

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ:

инженерная экология в вопросах и ответах

Казань, 2010

Рецензенты:

докт. тех. наук, проф. В. М. Емельянов, (КГТУ)

докт. хим. наук, проф. А. А. Мухутдинов (КГТУ)

От авторов

В книге кратко рассмотрены в виде вопросов и ответов современные нормативно – правовые акты в области основных факторов антропогенной нагрузки на окружающую природную среду – отходов производства и потребления, выбросов в атмосферу и сбросов загрязняющих веществ в водоемы, действующие в РФ и странах ЕС. Дано сравнение стратегии природоохранной деятельности в развитых странах Западной Европы и РФ, кратко показаны недостатки и преимущества экологического мониторинга сточных вод, воды водоемов и даны предложения по совершенствованию мониторинга.

На примере результатов конкретных исследований состава полигонного газа с поверхности, с глубины полигона и продуктов сгорания выделяющегося при разложении отходов газа, образующихся сточных вод, показана опасность для биоты размещения отходов производства, потребления на *необорудованных* полигонах в РФ.

Даны основные недостатки компостирования отходов в современных условиях, связанные с увеличивающимся ассортиментом СПАВ и синтетическими упаковочными материалами в быту, обуславливающими присутствие трудноразлагаемых высокотоксичных синтетических соединений в отходах.

Акцентируется внимание на опасности для ОС выделяющихся при сжигании отходов высокотоксичных газовых выбросов, сточных вод и вторичных твердых отходов (шлаков, золы).

Описаны основные способы и технические устройства для очистки газовых выбросов.

В разделе по очистке сточных вод показано влияние биотических (концентрации, возраста активного ила) и абиотических факторов (концентрации O_2 , гидродинамических и массообменных процессов, периода аэрации) на эффективность биоочистки в штатных (регламентных) и нештатных (при аномальных сбросах) режимах работы БОС. Зависимость эффективности биоочистки от указанных факторов проанализирована на основании исследований,

проведенных в промышленных условиях на базе химического предприятия «Казаньоргсинтез».

Авторы попытались выстроить вопросы и ответы на них в той логической последовательности, которая позволяет на основе действующей стратегии и нормативно - правовой базы рассмотреть основные теоретическо – практические аспекты минимизации воздействия на ОС твердых, газообразных, жидких отходов за счет выбора и реализации оптимальной технологической схемы, технических устройств и технологических параметров при эксплуатации. Схема построения вопросов – ответов авторами задумана по схеме от «простого к сложному» в следующем варианте: *« нормативные требования в конкретной природоохранной деятельности → элементарные теоретические основы очистки отходов → существующие способы и аппараты (сооружения) очистки → основные достоинства способов и аппаратов с точки зрения, прежде всего, практической эксплуатации и максимизации экологической эффективности по очистке → выбор оптимального соотношения биотических, абиотических факторов при эксплуатации, позволяющий реализовать потенциальные возможности конкретных способов и сооружений в зависимости от технологических режимов и исходных отходов».*

Приведенные в «Пособии» некоторые выводы на основе результатов исследований, выполненных на БОС крупного химического предприятия, по мнению авторов, позволит критически проанализировать действующие подходы к существующим аспектам экологического мониторинга, технологическим факторам при эксплуатации, обеспечивающим снижение уровня воздействия загрязняющих веществ на ОС. Кажущаяся и реально присутствующая спорность выводов (авторы не претендуют на безапелляционность некоторых обобщений и рекомендаций), будет способствовать лучшему запоминанию материала и послужит мотивом к более глубокому изучению проблемы.

Авторы благодарны профессору Глебову А. Н. за ценные советы и замечания, высказанные в процессе написания пособия.

Авторы надеются на полезность данной книги для студентов, аспирантов, преподавателей, специалистов, практических работников в области охраны окружающей среды.

А. Твердые отходы

1. Основные международные конвенции и соглашения об отходах (Конвенция ЕС, Лондонская, Базельская, Хельсинская конвенции, Директивы).

Ответ:

-Директива об отходах 75/442/ЕС от 15 июля 1975г.

-Директива Совета 91/689/ЕС от 12 декабря 1991г об опасных отходах.

-Директива о полигонах отходов 1999/31/ЕС от 16 июля 1999г.

-Директива о сжигании отходов 2000/76ЕС от 28 декабря 2000г.

-В 1990г в странах ЕС принята «Стратегия обращения с отходами», в которой изложены основные принципы обращения с отходами.

-23.05.2001г была подписана 92 государствами и Европейским сообществом «Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях», которая предусматривала меры по сокращению или устранению выбросов стойких органических соединений в результате производства и использования.

-22.03.1989г была подписана Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением.

-В марте 1974г была подписана «Хельсинская конвенция по защите морской среды района Балтийского моря. Конвенция стала первым международным соглашением, затрагивающим все источники загрязнений, расположенные на побережье, в море, в атмосфере.[4, 5, 6]

2. Источники правового регулирования РФ и полномочия РФ в области обращения с отходами производства и потребления

Ответ:

Статья 42 Конституции РФ закрепляет право каждого на благоприятную ОС. Законодательство области ОС основывается на Конституции РФ и включает в себя ФЗ от 10.01.2002 №7-ФЗ «Об охране окружающей среды», №89-ФЗ от 24 июня 1998г - ФЗ «Об отходах производства и потребления» и др. законы.

Федеральным Законом от 25.11.1994г №49-ФЗ «О ратификации Базельской конвенции о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением» и введена в действие с 01.05.1995г.

Для контроля за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением 17.07.2003г было принято Постановление Правительства РФ №442 «О трансграничном перемещении отходов».

К основным полномочиям РФ в области обращения с отходами относятся:

- разработка и принятие законов и других нормативно – правовых актов РФ;
- реализация в стране единой государственной политики;
- осуществление государственного контроля и надзора за исполнением законов в области обращения с отходами;
- лицензирование деятельности в области обращения с отходами I- IV классов опасности;
- организация учета и отчетности в данной области;
- организация превентивных мер по исключению чрезвычайных ситуаций в области обращения с отходами;
- создание и обеспечение организационно – технических и финансовых условий по сокращению количества и опасности образуемых отходов на территории страны.

[4, 5]

3. Основные принципы экономического регулирования в области обращения с отходами. Резолюция 4-й Всероссийской конференции «Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики» о проблемах с отходами в России.

Ответ:

Основными принципами экономического регулирования в области обращения являются:

- минимизация образования отходов по количеству и опасности для ОС;

- платность деятельности по обращению с отходами, в том числе размещения отходов;

- экономическое стимулирование деятельности в области обращения с отходами.

В Резолюции 4-й Всероссийской конференции сказано: «Количество накопленных в шламонакопителях, на полигонах и свалках отходов производства стремится к 100 млрд. тонн. Средний показатель использования и обезвреживания отходов в промышленности составляет около 43,3%, а твердые бытовые отходы от коммунального сектора практически в полном объеме подвергаются прямому захоронению. По данным Росгидромета общая площадь ареалов хронического загрязнения почвенного покрова вокруг промышленных центров и крупных городов составила свыше 700 тыс. км². Зоны хронического загрязнения охватывают саму городскую и промышленную застройку, пригородные территории, занимая площади в сотни раз превышающие территории городов».

[1]

4. «Вклад» отдельных отраслей промышленности и коммунального хозяйства в образование отходов в стране.

Ответ:

В России образуется свыше 3500 млн. тонн отходов производства и потребления более 750 наименований ежегодно. Среди многочисленных отходов особое место занимают промышленные токсические отходы, которых в России ежегодно образуется и не утилизируется более 20 млн.т. Наибольший вклад (около 50%) в образование отходов всех классов вносит топливно – энергетический комплекс по добыче полезных ископаемых.

На тепловых электростанциях ежегодно образуется около 50 млн. т золошлаковых отходов, в составе которых содержатся тяжелые металлы, канцерогенные, мутагенные и прочие высокоопасные соединения.

В химической промышленности ежегодно образуется 115,3 млн.тонн токсических отходов, из которых утилизируются только 32%, 25 млн. тонн

сжигается или вывозится на свалки, более 50 млн. тонн складывается в накопителях.

В агрохимической отрасли образуется около 94 млн. тонн твердых и 97 млн. тонн жидких отходов, из которых утилизируются, соответственно, 28 и 13,5%. Общая площадь шламохранилищ составляет свыше 10 тыс. га.

Проблемой в стране остается утилизация изношенных шин.

На долю нефтегазового комплекса приходится свыше 30% твердых отходов, на балансе числится более 190 тыс. га нарушенных земель.

В ряде отраслей промышленности образующиеся токсические отходы предприятий энергетики (87% отходов), тяжелого и сельскохозяйственного машиностроения (50 и 32% соответственно), нефтехимического комплекса (23%), медицинской промышленности (20%) вывозятся или на полигоны для ТБО, или на несанкционированные свалки.

В связи с все увеличивающимся импортом промышленных товаров, продуктов питания и одежды в Россию, все более актуальной становится проблема утилизации упаковочных материалов (отходов), большинство которых изготавливаются из высокотоксичных синтетических полимеров. Насчитывается около 150 видов пластиков, 30% из них – это смеси различных полимеров. В пластики для достижения определенных свойств и улучшения потребительских свойств вводят стабилизаторы – химические соединения, многие из которых являются высокотоксичными – свинец, ртуть, кадмий, бром, цинк и др.

[4, 5, 6]

5. Проблема радиационных отходов в стране.

Ответ:

На территории страны находится 15 полигонов захоронения радиоактивных отходов, где складываются отходы не только с территории России, но и с территорий бывших союзных республик СССР, а также территорий тех стран, где бывший СССР соорудил атомные предприятия.

На территории Москвы ежегодно обнаруживают от 50 до 80 мест опасного радиационного излучения. Утечки из хвостохранилища в г. Электросталь, где производится топливо для АЭС, создали в 50-х годах несколько радиационных аномалий с интенсивностью гамма- излучения до 1500 мкР/ч.

По официальным данным в России произведено «в мирных целях» 89 подземных ядерных взрывов, внесших значительный вклад в радиоактивное загрязнение территории.

Общее число АЭС в России составляет 12, на которых часть реакторов (25 реакторов или 50%) старой модели с недостаточной степенью надежности. Недостаточность надежности обуславливается: ненадежностью противоаварийной защиты; несовершенством систем измерения и управления; отсутствием защитной оболочки (предусмотренной в других реакторах, применяемых в мире); отсутствием резервирования систем и оборудования.

АЭС являются источником радиационного, химического, теплового загрязнения ОС и эксплуатация их связана с необходимостью решения сложнейшей проблемы – утилизации отработанного ядерного топлива. По данным 1991г хранится отработанного ядерного топлива на Смоленской АЭС – 699т, Курской – 1938т, Ленинградской – 2527т, Билибинской – 88т. Всего накоплено радиоактивных отходов общей активностью свыше 2 млрд.Ки.

Потенциально опасными объектами являются все базы ракетных подлодок, срок эксплуатации которых (подлодок) составляет 25 – 30 лет.

[5,6]

6. Основные проблемы твердых бытовых отходов.

Ответ

Ежегодное образование твердых бытовых отходов (ТБО) в мире составляет от 0,5 до 2 млрд. т , при этом прирост объема образующихся ТБО оценивается от 1,5 до 15%. В России среднее количество ТБО на одного человека в год составляет около 200 кг.

На территории РФ под свалки и полигоны ТБО ежегодно официально отводится около 10000 га земель.

Промышленными методами, в том числе сжиганием, перерабатывается всего 3,5% объема ТБО. В основном мусоросжигательные установки в России работают без предварительной сортировки отходов, что приводит к дополнительным выбросам в атмосферу высокотоксичных и канцерогенных веществ. В продуктах неполного сгорания отходов содержится свыше *ста идентифицированных опасных веществ*.

Следующим недостатком мусоросжигательных заводов (МСЗ) является образование большого количества высокотоксичных твердых продуктов сгорания: летучей золы, шлаков и отходов с фильтров очистки воздуха, содержащие тяжелые металлы, диоксины, канцерогены. Шлаков и золы образуется до 30%.

Кроме газовых выбросов и твердых отходов (шлаков, золы) при сжигании отходов образуется до 2,5 м³ сточных вод на 1 тонну сжигаемых отходов.

По данным РАН в стране неэффективно используется около 1/6 валового общественного продукта, в результате чего образуется дополнительное количество отходов.

[4, 5, 6]

7. В чем заключаются основные недостатки мусоросжигательных заводов (установок), сдерживающих их распространение?

Ответ:

В процессе сжигания и пиролиза отходов образуются три основных компонента вредного воздействия на биоту: 1) *выбросы в воздух атмосферы*; 2) *твердые отходы в виде золы и шлаков*; 3) *сточные воды*.

В выбросных газах МСЗ содержатся в виде окислов и солей опасные металлы (висмут, олово, кадмий, свинец, сурьма, цинк, медь, хром, ртуть и др.) в концентрациях, превышающие в некоторых случаях в тысячи раз нормы ПДК. Основная опасность токсичных металлов в том, что они способны накапливаться и

сохраняться в биоте годами; поэтому нормы ПДК по отношению к ним не являются объективной характеристикой воздействия.

При повышении температуры сжигания отходов увеличивается образование окислов азота, которая неполностью улавливается в скрубберах, фильтрах и требуется применения каталитического дожигания.

Наиболее опасными продуктами неполного сгорания отходов являются диоксины: смесь полихлордибензо- пара- диоксинов (ПХДД) и полихлордибензофуранов (ПХДФ). Диоксины обладают способностью адсорбции на частицах пыли, вылетающей из трубы и исследования показали, что даже на расстоянии 24 км обнаруживается диоксиновое загрязнение.

Шлаки и зола, которых образуется около тонны на 3 – 4 тонны сжигаемых отходов содержит высокотоксичные тяжелые металлы и должны размещаться на специально оборудованных полигонах.

Сточная вода (СВ), загрязненная токсичными металлами, различными канцерогенными, мутагенными соединениями образуется на МСЗ из следующих источников:

- при охлаждении шлаков;
- при смыве осадков с фильтров при газоочистке;
- в процессе мокрой газоочистки;
- при воздействии атмосферных осадков на отвалы шлаков, золы.

В любом случае, приходится находить оптимальный вариант между тремя, возникающими при сжигании, проблемами утилизации газовых выбросов, твердых шлаков и сточных вод.

Материальный баланс потоков при сжигании таков, что при увеличении выхода газообразных продуктов в устье трубы, уменьшается количество выхода шлаков и сточных вод внизу трубы. Но при этом в составе выбросных газов на выходе из дымовой трубы увеличивается концентрация высокотоксичных, канцерогенных, мутагенных соединений. В составе шлаков и сточных вод уменьшится доля органической части отходов, но увеличится концентрация минеральных компонентов (в том числе, солей тяжелых металлов), что

увеличивает токсичность шлаков и сточных вод. Увеличение концентраций минеральных высокотоксичных соединений в шлаках, золе и сточных водах, уменьшает биodeградацию и усугубляет проблему утилизации данных вторичных отходов.

В мировой практике известны более 20 методов обезвреживания и утилизации отходов, но ни один из них нельзя классифицировать как универсальный и высокоэффективный.

[4, 5, 6]

8. Основные принципы современной концепции обращения с отходами в странах ЕС. Какой из основных принципов стратегии обращения с отходами, принятых в ЕС, наиболее результативный для современной России?

Ответ:

Современная стратегия обращения с отходами, принятая в странах ЕС в 1990г в «Стратегии обращения с отходами», заключается в следующем:

- 1) минимизация объемов образующихся отходов на всех стадиях;
- 2) снижение опасности отходов для окружающей среды, в том числе уменьшение не утилизируемой части отходов;
- 3) максимальное использование вторичных ресурсов, имеющихся в отходах за счет, прежде всего, раздельного сбора отходов и сортировки.

С учетом особенностей развития экономики в России, наиболее эффективным на современном этапе следует считать *третий принцип* – максимальное использование вторичных ресурсов, имеющихся в отходах, по следующим причинам. Объемы отходов (1-й принцип) реально в ближайшем будущем будут не минимизироваться, а за счет импорта – возрастать. Снижение опасности отходов (2-й принцип) предполагает изменение технологического процесса и аппаратного оформления на всех стадиях производства, что связано с колоссальными инвестициями в экономику.

В результате введения странами ЕС, США, Канады в начале 90-х годов новых, жестких норм на выбросы были закрыты сотни МСЗ (например, в Голландии закрыли треть МСЗ, в Великобритании к 1996г закрылись все МСЗ, кроме двух в Лондоне, прошедших дорогостоящую реконструкцию).

[4, 5, 6]

9. Классификация отходов для практического использования (по виду используемых потребительских полезных свойств) и краткая характеристика каждого вида классификации

Ответ:

Утилизация отходов по виду используемых потребительских свойств, обусловленных составом, концентрацией, структурой компонентов отходов, подразделяется на следующие виды:

- восстановительную;
- конверсионную;
- частично восстановительную.

Восстановительная утилизация – переработка физико–химическими способами отходов и получение продукта с теми же потребительскими свойствами, что и исходное изделие.

Конверсионная утилизация – получение энергии (тепловой, агротехнической) за счет процессов органической части отходов.

Частично восстановительная – переработка физико – химическими способами отходов для получения продукта со свойствами, аналогичными исходному отходу, но применяемому для изготовления изделия с новыми потребительскими свойствами.

[6, 8]

10. Классификация отходов: а) по агрегатному состоянию; б) по источнику образования; в) по воздействию на биоту.

Ответ:

По агрегатному состоянию отходы делятся на: твердые; жидкие; газообразные.

По источнику образования: на промышленные (отходы производства) (возвратные и безвозвратные); коммунальные (бытовые) или отходы потребления; сельскохозяйственные отходы; строительные (разновидность промышленных); медицинские отходы; радиационные (разновидность промышленных отходов).

По воздействию на окружающую среду (ОС): токсичные; радиоактивные; пожароопасные; взрывоопасные; взрывопожароопасные; самовозгорающиеся; коррозионные; инфекционные. [5, 7]

11. Федеральный классификационный каталог отходов и структура его построения.

Ответ:

Федеральный классификационный каталог отходов (ФККО) (введен приказом МПР РФ № 786 от 02.12.2002г) – перечень образующихся в РФ отходов, систематизированных по: происхождению; фазовому состоянию; опасным свойствам; вредному воздействию на ОС.

Структура построения ФККО основана на пяти блоках, обозначенных нечетным рядом цифр: 1,3, 5, 7, 9.

1 блок – отходы органического природного происхождения (животного, растительного);

11 блок – отходы минерального происхождения;

111 блок – отходы химического происхождения;

1V блок – резервный;

V блок – отходы бытовые (коммунальные).

Четный ряд цифр (2, 4, 6, 8) оставлен для резерва, необходимого для расширения номенклатуры и для выделения специфических отходов. Каждому отходу присваивается тринадцатизначный код, характеризующий приоритетные классификационные признаки.

Первые восемь цифр кодируют происхождение отходов. Девятая и десятая цифры используются для кодирования агрегатного состояния и физической формы отхода (0 – данные не установлены; 1 – твердый; 2 – жидкий; 3 – пастообразный; 4 – шлам; 5 – гель; 6 – эмульсия; 7 – суспензия; 8 – сыпучий; 9 – гранулы; 10 – порошкообразный; 11- пылеобразный; 12 – волокно; 13 – готовое изделие, утратившее потребительские свойства; 99 – иное).

Одиннадцатая и двенадцатая цифры используются для кодирования опасных свойств отхода и их комбинаций (0 – данные не установлены ; 1 – токсичность (т); 2 – взрывоопасность (в); 3 – пожароопасность (п); 4 – высокая реакционная способность; 5 – содержание возбудителей инфекционных болезней (и); 6 – т + в; 7 – т + п; 8 – т + р; 9 – в + п; 10 – в + р; 11 – в + и; 12 – п + р; 13 – п + и; 14 – р + и; 15 – т + в + п; 16 – т + в + р; 17 – т + п + р; 18 – в + п + р; 19 – в + п + и; 20 – п + р + и; 21 – т + в + п + р; 22 – в + п + р + и; 99 – опасные свойства отсутствуют).

Тринадцатая цифра используется для кодирования класса опасности для ОС (0 – класс не установлен; 1 – 1-й класс опасности; 2 – II класс опасности; 3 – III-й класс опасности; 4 – IV-й класс опасности; 5 – V-й класс опасности).

[5, 6]

12. Классы опасности отходов и методы установления (определения) классов опасности

Ответ:

Согласно ст.4.1 ФЗ «Об отходах производства и потребления» все отходы, в зависимости о степени негативного воздействия на ОС, подразделяются на пять классов опасности:

- 1 класс – чрезвычайно опасные отходы;
- II класс – высокоопасные отходы;
- III класс – умеренно опасные отходы;
- IV класс - малоопасные отходы;
- V класс – практически неопасные отходы.

Класс опасности отходов определяется в соответствии с приказом МПР РФ №511 «Об утверждении критериев отнесения опасных отходов к классу опасности для ОС» от 15.06.2001г.

Класс опасности может устанавливаться двумя методами: *расчетным*, если известен состав отходов; *экспериментальным*, если состав неизвестен.

[5, 6]

13. Нормирование образования отходов и лимитов на их размещение в соответствии с нормативно – правовыми актами.

Ответ:

В соответствии с приказом МПР РФ № 115 от 11.03.2002г «Об утверждении методических указаний по разработке проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение» осуществляется разработка проектов нормативов образования отходов и лимитов на их размещение (ПНООЛР).

Разработанный ПНООЛР согласовывается в Ростехнадзоре сроком на 5 лет. На основании согласованного ПНООЛР утверждаются «Лимиты размещения отходов» и выдается разрешение на размещение отходов.

[5, 6]

14. Нормативно – правовые акты в области определения порядка платы за размещение и хранение отходов.

Ответ:

Порядок платежей осуществляется в соответствии со следующими нормативно – правовыми актами:

- Постановление Правительства РФ №632 от 28 августа 1992г « Об утверждении порядка определения платы и ее предельных размеров за загрязнение ОС, размещение отходов и другие виды вредного воздействия»;

- Постановления Правительства РФ №344 от 12 июня 2003г «О нормативах платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ стационарными и

передвижными источниками, сбросы загрязняющих веществ в поверхностные и подземные водные объекты, размещение отходов производства и потребления»;

- Постановления Правительства РФ №410 от 1 июля 2005г «О внесении изменений в Приложение 1 к Постановлению Правительства РФ №344 от 12 июня 2003г»;
- Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору №204 от 5 апреля 2007г «Об утверждении формы расчета платы за негативное воздействие на окружающую среду».

[6, 7, 8]

15. Виды базовых нормативов за размещение отходов.

Ответ:

Устанавливаются два вида базовых нормативов платы:

- 1) за размещение отходов в пределах допустимых *нормативов*;
- 2) за размещение отходов в пределах установленных *лимитов* (временно согласованных нормативов).

Базовые нормативы платы устанавливаются по каждому ингредиенту отхода.

(*Норматив* образования отходов – установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции. *Лимит* на размещение отходов – предельно допустимое количество отходов, разрешенное к размещению). Норматив платы за размещение отходов зависит от класса опасности отходов.

При определении платы за загрязнение ОС учитываются следующие факторы: вредность (опасность вещества); количество отходов; экологическая ситуация в данном регионе; уровень цен.

[5,6]

16. Основные организационные и технические (технологические) факторы, обеспечивающие минимизацию образования отходов.

Ответ:

Обеспечение минимизации отходов может быть достигнуто за счет множества организационно – технических мероприятий, основными из которых являются следующие:

-организационные: соблюдение норм технологического режима производственного процесса на каждой стадии цикла; ведение технологического процесса на минимальных нижних уровнях допустимых границ техрегламента (температуры, давления, концентрации, расхода, допуска при обработке и пр.);

-технические: разработка и внедрение новых технологий, процессов, аппаратов и материалов на всех стадиях производственного цикла – на стадии образования отходов и на стадии утилизации (очистки), применение сырья и вспомогательных материалов с менее токсичными свойствами и др.

[5]

17. Способы транспортирования отходов. Недостатки и преимущества наиболее распространенных способов транспортирования.

Ответ:

Для транспортирования применяется: пневмотранспорт, гидротранспорт, контейнеры.

Выбор способа транспортирования зависит от: агрегатного состояния отходов; количества отходов; периодичности их образования (постоянное или периодическое); наличия мест временного хранения; токсичности; взрывопожароопасности; возможных процессов синергизма, аддитивности при хранении и пр. факторов.

Действие пневмо-, гидротранспорта основано на передаче кинетической энергии сжатого воздуха, воды твердым частицам отходов или на вакуумировании.

Недостатки пневмо-, гидротранспорта: высокие энергозатраты; необходимость разделения перекачиваемой пульпы на исходные компоненты (носитель и отход); сложность эксплуатации и обслуживания; высокая коррозионная и эрозионная способность пульпы.

Преимущества пневмо-, гидротранспорта: возможность передачи отходов на значительные расстояния со сложной пространственной конфигурацией расположения оборудования, зданий; минимальные потери при перекачке.

Недостатки контейнерных перевозок: невозможность герметизации во время погрузки – разгрузки и загрязнение атмосферы, почвы, водисточников; потери при перевозках; необходимость наличия оборотных и резервных контейнеров.

Преимущества контейнеров: универсальность использования, позволяющая применять контейнеры для перевозки широкого спектра отходов потребления и производства; позволяет использовать любой вид транспорта и на большие расстояния; позволяет хранить некоторое время; дает возможность сортирования отходов; позволяет применять пресс – контейнеры, что сокращает объем отходов.

[6, 7]

18. Основные способы и технические устройства для фракционного дробления отходов.

Ответ:

Дробление применяется как процесс измельчения крупнофракционных отходов для получения конечного продукта утилизации, и может применяться как промежуточный этап измельчения отходов для подготовки к следующему этапу утилизации.

Для дробления твердых отходов используется различное оборудование: шаровые и стержневые мельницы; вибромельницы; струйные мельницы; молотковые, роторные, валковые, конусные, щековые дробилки; дезинтеграторы.

Для совмещения процесса дробления и сортированию по фракциям или осуществления избирательного дробления в одном техническом устройстве совмещается дробление и сортирование.

Для отсортировки отходов по размерам применяют: грохоты вибрационные; грохоты гидравлические; грохоты инерционные; грохоты инерционные многоситные.

Иногда для измельчения используют гильотинные, дисковые, рычажные ножницы.

[6]

19. Цели сортировки и классическая схема мусоросортировочной станции (комплекса).

Ответ:

Цели сортировки:

- максимальная выборка утильной фракции для последующего вторичного использования ее и получения эколого – экономического эффекта;
- уменьшения объемов отходов и площади складирования и размещения отходов;
- последующего компактирования, упаковки, транспортирования отсортированных отходов;
- снижения отрицательного воздействия отходов на ОС.

Классическая схема мусоросортировочного комплекса обычно состоит из следующих составляющих стадий: 1) приемный бункер; 2) первичный конвейер; 3) вторичный сортировочный конвейер; 4) магнитный конвейер или сепаратор; 5) виброрешетка или сепаратор, через который просеивается мелкая фракция; 6) компактирующая установка для прессования; 7) вторичная компактирующая установка.

[4,6]

20. Факторы, определяющие эффективность мусоросортировочного комплекса (МСК).

Ответ:

Эффективность работы МСК оценивается по степени достижения конечной цели – дифференцированности фракционирования отходов на утилизируемую и не утилизируемую составляющую всего объема сортируемых отходов. Утилизируемая часть отходов (прежде всего,- коммунальных отходов) состоит из органических компонентов.

В любом случае, эффективность функционирования МСК будет зависеть от трех факторов: 1) уровня технологического процесса (технологической схемы), предполагающего максимально возможное для исходного конкретного

классификационного состава отходов дифференцирование фракций; технологическая схема МСК на стадии ее проектирования должна разрабатываться («привязываться») максимально применима к конкретному функциональному составу отходов.

Исходя из конечной цели – заданности степени сортирования отходов – и разработанной принципиальной технологической схемы, предусматривается необходимая стадийность сортировочных конвейеров, то есть одно-, двух-, или трехступенчатый конвейер и ступени (стадии) компактирующих установок.

2) уровня технического совершенства конкретных устройств на каждой ступени технологического процесса, который предполагает, прежде всего, два фактора: а) надежность устройства; учитывая неоднородность и многокомпонентность фракционного состава отходов надежность каждого устройства имеет принципиальное значение для работоспособности всей технологической цепочки МСК; б) эффективность устройства,- способность устройства выполнять свои проектные функции.

3) организационно – психологическая подготовленность и надежность обслуживающего персонала. На МСК велика доля ручного труда, особенно на первичном конвейере, кроме того, профессия работника МСК малоэстетична и малооплачиваема, поэтому от психологической составляющей эксплуатационника зависит надежность и эффективность работы всего МСК.

[6, 44]

21. Конечные цели сжигания отходов. Причины, обуславливающие целесообразность раздельного сжигания промышленных и коммунальных отходов.

Ответ:

Конечными целями сжигания отходов являются: 1) уменьшение объемов отходов; 2) снижение токсичности и обеззараживание; 3) получение энергии.

Конечные цели сжигания определяются агрегатным и химическим составом отходов. Так промышленные отходы могут быть более разнообразны по

элементному составу, более токсичны, взрывопожароопасны по сравнению с ТБО, но менее инфекционны. Поэтому конечные цели сжигания промышленных и коммунальных отходов разные; неидентичность целей и состава отходов определяет специфичность технологического процесса и аппаратурного оформления установок по сжиганию.

Кроме того, совместное сжигание отходов производства и потребления сопровождается большим выходом по количеству (меньшей эффективностью сжигания) и худшим качеством (токсичны, канцерогенны и мутагенны вторичные отходы) выбросных газов, шлаков и золы, сточных вод.

[4, 6, 7]

22. Отличия сжигания и пиролиза отходов. Виды пиролиза.

Ответ:

Сжигание любого вида отходов и при любой температуре в печах различной конструкции сопровождается образованием новых (вторичных) отходов: газовых выбросов и летучей золы; твердых отходов (шлака и золы); сточных вод, образующихся при промывке выхлопных газов, фильтров и при воздействии атмосферных осадков на шлаковые отвалы.

Пиролиз – термохимический процесс, в котором происходит превращение органических соединений в результате деструкции в анаэробных условиях при температурах: 450 – 500°С (низкотемпературный пиролиз); до 800°С (среднетемпературный); свыше 800°С (высокотемпературный).

Существуют разновидности пиролиза: окислительный пиролиз с последующим сжиганием пиролизных газов и сухой пиролиз.

Окислительный пиролиз – процесс термического разложения отходов при их частичном сжигании или непосредственном контакте с продуктами сгорания. Обычно пиролиз проводят при 600 – 900°С. При окислительном пиролизе меньше образуется летучей золы и сажи.

Сухой пиролиз – процесс термического разложения отходов без доступа кислорода.

При сжигании, особенно при послыном сжигании, происходит неравномерное распределение температур по слоям (высоте отходов) – от максимальной (от 1000°C и выше) в зоне горения, до температуры окружающей среды в зоне загрузки. Вследствие этого, значительная часть дымовых газов со всем «букетом» токсичных, канцерогенных, мутагенных компонентов (диоксины, оксиды азота, серы, адсорбированные соли тяжелых металлов и пр.) транзитом будет проскакивать через дымовую трубу в атмосферу.

Пиролиз осуществляется при равномерном прогреве всего объема (всех слоев) отходов в бескислородной зоне, в результате чего происходит частичное разложение органики и образование концентрированной парогазовой смеси (пирогаза) и твердого углеродистого остатка. Затем пирогаз направляется на последующую деструкцию в камере дожигания при температуре 1200 – 1300°C. Тепло дымовых газов пиролиза используется для обогрева печи и для получения пара в котле – утилизаторе.

Преимущества пиролиза перед прямым сжиганием:

- меньшее выделение в атмосферу токсичных газов за счет более полной деструкции органических соединений, обеспечиваемое равномерным прогревом отходов и прохождением всего объема пирогаза через камеру дожигания;
- минимизация образования диоксинов, фуранов за счет взаимодействия выделяющегося при пиролизе отходов *хлора* и *водорода*, образования HCl, который легко нейтрализуется на стадии газовой доочистки.

[6, 7]

**23. Виды и основной состав образующихся при сжигании отходов.
Основные опасности для ОС каждого вида отходов.**

Ответ:

Состав образующихся при сжигании *газовых выбросов*, твердых отходов (шлака и золы), сточных вод зависит от следующих основных факторов:

- компонентного и элементного состава исходных отходов;

- технологического процесса сжигания (прямое сжигание или пиролиз – низко-, средне-, высокотемпературный, сухой или окислительный пиролиз);
- аппаратного оформления процесса и газоочистительной установки;
- степени сортировки отходов;
- ведения эксплуатационниками технологического режима.

В состав дымовых газов входят: летучая зола; пыль; тяжелые металлы (кадмий, свинец, ртуть, мышьяк, никель, цинк, ванадий и др.); оксиды азота, серы; галогеноводороды; диоксины; фураны; пятиокись фосфора и другие соединения.

Состав *твердых отходов* (шлаков и золы) обусловлен в основном минеральными ЗВ, в том числе тяжелыми металлами. Утилизации шлак и зола после сжигания отходов практически не подлежат и представляет значительную опасность для ОС.

В составе *сточных вод*, образующихся в процессе газоочистки, охлаждении шлаков и при воздействии атмосферных осадков на шлакоотвалы, золоотвалы, в основном содержатся те же компоненты, которые присутствуют в дымовых газах и в шлаках. Высокая токсичность, канцерогенность и мутагенность сточных вод после установок по сжиганию отходов не позволяет достигнуть высокой эффективности биоочистки в классических сооружениях биологической очистки (БОС) и требуют разработки дифференцированных и сложных способов очистки в зависимости от конкретных условий сжигания и конкретного состава.

[4, 6, 7]

24. В чем заключаются преимущества сжигания сортированных отходов перед сжиганием несортированных отходов?

Ответ:

Сортировка отходов перед сжиганием позволяет решить следующие задачи:

- повысить эффективность термической деструкции за счет увеличения в отходах органических компонентов;
- утилизировать минеральную часть отходов;

- уменьшить токсичность, мутагенность, канцерогенность газовых выбросов, твердых отходов (шлака, золы), сточных вод;
- упростить технологическую схему и аппаратурное оформление процесса сжигания;
- уменьшение хлорсодержащих отходов в процессе сортировки уменьшает образование диоксинов при сгорании;
- получить экономическую выгоду при повторной конверсионной, восстановительной или частично восстановительной утилизации отсортированных отходов;
- дает возможность получить гранулированное топливо.

[4, 6, 7, 8]

25. Печи шахтного типа для сжигания отходов.

Ответ:

Термическое обезвреживание отходов в печах шахтного типа осуществляется последовательно в зоне подсушки, зоне горения и зоне дожигания. В зоне подсушки отходы нагреваются и из них удаляется влага. В зоне горения происходит основное горение и выделение основного количества тепла. Здесь же выделяется оксид углерода и диоксид. В зоне дожига происходит дожигание трудносгорающих компонентов отходов и диоксинов. Для обеспечения кислородом зоны дожига необходимо подавать дополнительно воздух в количестве не менее, чем в 1,7 раза превышающее количество кислорода, определенное стехиометрически. Воздух нагнетается вентиляторами или турбовоздуходувками, разделяясь на три потока – в зоны подогрева, горения и дожига. Для обеспечения более полного сгорания отходов и диоксинов необходимо выдержать газы в зоне дожига не менее 2-х минут при температуре не менее 850°С.

Для исключения анаэробных зон в шахтной печи необходимо постоянное перемешивание (шуровка) отходов.

Преимущества печи:

- сравнительная простота конструкции;
- возможность получения пара в котле – утилизаторе.

Недостатки:

- неравномерность прогрева слоев отходов, не позволяющая достичь высокой степени деструкции и не исключая прорыва токсичных, канцерогенных, мутагенных веществ с отходящими газами;
- сложность обслуживания, заключающаяся в необходимости постоянного регулирования температуры по зонам и постоянного перемешивания отходов.

[7, 8]

26. Барабанные печи.

Ответ:

В барабанной печи отходы проходят последовательно три температурных зоны:

- зону испарения и плавления, в которой при температуре около 900°С происходит испарение влаги, плавление пластмасс и частичное сгорание;
- зону сгорания, в которой при температуре 1100 – 1200°С происходит основное горение;
- зону выгорания (температура 1400 – 1500°С), в которой сгорают трудноокисляемые компоненты отходов и диоксины.

Барабанная печь имеет форму горизонтально расположенного стального цилиндра, футерованного изнутри огнеупорным кирпичом. Печь расположена под небольшим углом и вращается с угловой скоростью 0,8 – 2 об. /мин.

Преимущества печи:

- равномерность прогрева за счет вращения и высокая температура сгорания позволяет обеспечить высокую степень деструкции и минимизацию содержания токсичных, мутагенных, канцерогенных соединений в продуктах сгорания;

Недостатки:

- трудность удаления золы и шлака из зон сгорания и выгорания;

- сложность конструкции, заключающаяся прежде всего в необходимости технического обслуживания механизма вращения и ремонта футеровки.

[7, 8]

27. Технология пиролиза отходов.

Ответ:

Целью пиролиза является обеспечение максимально возможной деструкции органической фракции отходов и минимального конечного содержания в газовых, твердых и жидких вторичных отходах токсичных, канцерогенных и мутагенных веществ.

Данная цель достигается равномерным прогревом всего объема отходов в анаэробной среде при различных температурных режимах и последующим дожиганием пирогаза при температуре 1200 – 1300°C. Пиролиз может быть низкотемпературным (450 – 500°C), среднетемпературным (до 800°C), высокотемпературным (свыше 800°C). При низкотемпературном пиролизе пирогаз выделяется в минимальных количествах, образуются в максимальном количестве смолы и твердый остаток; при среднетемпературном – в умеренных количествах образуется пирогаз, смолы и твердый остаток; высокотемпературный пиролиз характеризуется максимальным выходом пирогаза и минимальным выходом смол, твердого остатка.

Применяется окислительный и сухой пиролиз.

[5, 6,7]

28. Состав газовых выбросов, образующихся при сжигании отходов и основные методы очистки.

Ответ:

Основной состав газовых выбросов включает тяжелые металлы, находящиеся в водорастворимой форме и по этой причине представляющие значительную опасность для ОС, так как смываются с осадками в землю, попадая затем в водоемы. Кроме того, выбросы содержат оксиды азота, углерода,

хлористый, бромистый, фтористый водород, оксиды фосфора, диоксины, фураны. Особенно большая концентрация ЗВ, в том числе диоксинов, образуется при сжигании несортированных отходов. При сжигании несортированных отходов с большой влажностью температура в камере сгорания снижается до 500°C, что выше температуры плавления диоксинов (350°C), но ниже температуры разложения (1000 – 1100°C).

Для очистки газовых выбросов от ЗВ комплексы по сжиганию отходов оборудуются газоочистительными установками, представляющими наиболее технически сложное устройство в составе всего комплекса и являющиеся наиболее дорогостоящими (стоимость капитальных и эксплуатационных затрат на газоочистительные установки превышает стоимость МСЗ).

В составе дымовых газов имеются два вида ЗВ: а) летучая и тяжелая зола, пыль, другие механические примеси с частицами значительных размеров; б) оксиды серы, углерода, азота, диоксины, фураны и др. соединения с размерами на молекулярном уровне. Соответственно размерам частиц не может быть универсального метода в равной степени улавливающего оба вида ЗВ.

Для улавливания пыли, золы и других механических примесей газовых выбросов применяются фильтры различной конструкции (электростатические, тканевые фильтры). Для очистки от химических ингредиентов применяются каталитические, некаталитические высокотемпературные методы восстановления (для очистки от оксидов азота), адсорбция на активированном угле (для очистки от диоксинов) и др. методы.

[4, 6, 7]

29. Электростатические фильтры. Каталитические и некаталитические методы очистки.

Ответ:

Для улавливания золы и других твердых минеральных частиц дымовых газов, применяют *электростатические фильтры*, принцип работы которых заключается в том, что частицы золы, пыли отрицательно заряжаются в

электромагнитном поле, создаваемом при разряде на электроде, на который подается отрицательное напряжение от источника постоянного тока. Отрицательно заряженные частицы механических примесей дымовых газов под действием электростатических сил притягиваются к положительно заряженному электроду и оседают на нем. По мере накопления на электродах частицы мехпримесей удаляются или встряхиванием или «мокрым» способом – промывкой.

Преимуществом электростатических фильтров является высокая (до 90%) степень очистки.

Недостатки:

- 1) необходимость постоянного наблюдения за состоянием электродов и постоянная очистка электродов от накопившихся мехпримесей;
- 2) электроды должны иметь высокую механическую и коррозионную прочность, высокие аэродинамические свойства;
- 3) возникает проблема утилизации накопившихся и содержащих тяжелые металлы мехпримесей. При «мокрым» способе удаления мехпримесей с электродов возникает дополнительная проблема очистки сточных вод.

Каталитические методы очистки основаны на восстановлении оксида азота до аммиака и азота на катализаторе (катализатором могут быть соединения платины, ванадия, серебра, меди и др.) при температуре 320 – 380°C.

Преимуществом каталитического метода является высокая степень очистки.

Недостатки:

- 1) катализатор быстро «отравляется» и требуется частая регенерация;
- 2) дорогой катализатор.

Метод очистки от оксидов азота *некаталитическим высокотемпературным восстановлением*. Заключается в том, что в дымовые газы вводится аммиак, который при высокой температуре (900 – 1000°C) реагирует с NO_x, образуя нейтральный азот. Эффективность очистки от оксидов азота составляет около 70%.

Недостатки метода:

- 1) невысокая степень очистки;

- 2) необходимость применения аммиака, который является токсичным и взрывопожароопасным соединением.

[5, 6, 7]

30. Какие применяются биологические способы для переработки отходов и каковы их особенности?

Ответ:

К биологическим способам переработки органической части отходов относятся: *компостирование; анаэробное сбраживание* в следующих сооружениях: *метантенках; двухъярусных отстойниках; септиках; осветлителях – перегнивателях; иловых площадках; полигонах.*

Примечание:

- 1) следует напомнить, что любым из биологических способов можно перерабатывать только органические отходы или органическую часть смешанных отходов;
- 2) осадок после биологических методов переработки в качестве органического удобрения или в качестве гумусоподобного вещества в сельском хозяйстве применять не рекомендуется, так как в современных условиях в осадках коммунальных СВ, также как и в осадках промышленных сточных вод содержатся *токсичные* и трудноразлагаемые соединения;
- 3) в коммунальных сточных водах (соответственно и в ТБО) все более возрастает удельный вес синтетических поверхностно – активных веществ (СПАВ), большинство из которых практически не подвергаются биоокислению, транзитом переходят в отходы и далее транспортируются по всем трофическим уровням;
- 4) в составе ТБО всегда присутствуют хлорорганические соединения, поступающие с водой из водоемов. Хлорорганические соединения очень устойчивы к биодеструкции и обладают канцерогенными, мутагенными и токсичными свойствами.

Следовательно, отходы после биопереработки целесообразно использовать только в технических целях,- например, для рекультивации карьеров, полигонов.

В практике обычно компостирование применяется для биологического разложения ТБО; анаэробное сбраживание в метантенках, двухъярусных отстойниках, септиках, септиках – перегнивателях, на иловых площадках – для переработки осадков бытовых сточных вод, избыточного ила.

[6, 7, 42]

31. Технологические способы компостирования отходов и факторы, определяющие деструкцию органической фракции. Стадии температурных изменений при компостировании и деструкции органических соединений. Стабильность, зрелость, фитотоксичность компоста.

Ответ:

Процесс компостирования основан на естественной способности микроорганизмов получать энергию для своей жизнедеятельности при окислении органических соединений отходов. Часть получаемой энергии расходуется на прирост микроорганизмов (конструктивный обмен), часть – на окисление (энергетический обмен). Биоокисление – реакция экзотермическая,- часть энергии выделяется в виде тепла.

Факторы, определяющие жизнедеятельность микроорганизмов: кислород; вода; питание (углерод, органогенные элементы – азот, фосфор, калий); определенная температура (мезофильный процесс – 25 – 45°C; термофильный - > 45°C); нейтральная реакция среды,- в органической части отходов имеются. Потребляя углерод и другие питательные элементы, содержащиеся в отходах, микроорганизмы продуцируют в виде конечного продукта компост, который содержит продукты распада, CO₂, стабильные органические соединения (гумусоподобные вещества), азот, фосфор, микроэлементы.

Процесс компостирования, как и биологическая очистка СВ, сложный процесс, в котором параллельно протекают процессы деструкции органических

веществ и синтеза новых органических и минеральных веществ, и в которых участвуют более 2000 видов бактерий, около 50 видов грибов.

В течение всего периода компостирования процесс претерпевает четыре стадии изменения температуры: *мезофильный* (25 – 45°C); *термофильный* (> 45°C); *стабилизация* – отсывание до температуры окружающей среды; *созревание*.

Стабильность компоста характеризует стадию разложения органических соединений, когда скорость разложения достигнет минимума (все легкоокисляемые соединения окислены). Стабильность компоста определяют по лабораторной методике, основанной на измерении интенсивности выделения CO₂, или на интенсивности поглощения O₂ (измерении уровня респираторной активности).

Существуют и другие способы определения стабильности компоста. Например, по отношению углерода к азоту. Чем меньше это отношение, тем более стабилен компост.

В практике уровень стабильности иногда определяют по запаху – отсутствие запаха свидетельствует о стабильности компоста и, наоборот.

Зрелость компоста характеризует возможность его использования в конечных целях. Зрелость определяют по *фитотоксичности* – показателю присутствия или отсутствия в компосте угнетающих рост растений токсичных соединений. Но фитотоксичность может быть следствием не только присутствием в компосте органических соединений, но и присутствием металлов, солей, высокой плотности почвы и пр. И если увеличение периода компостирования отходов не привело к снижению фитотоксичности, то в компосте есть вещества, провоцирующие фитотоксичность.

Иногда, зрелость компоста оценивают и по концентрации окисленных и восстановленных форм азота – присутствие аммонийного азота свидетельствует о незрелости компоста (азот недоокислился); нитраты свидетельствуют о зрелости компоста.

Зрелость компоста является аргументом стабильности: компост может быть стабильным, но зрелым может не быть и, наоборот, зрелый компост всегда будет стабильным.

[6, 7]

32. Цели анаэробного сбраживания отходов и виды отходов, подвергающихся анаэробному сбраживанию. Сооружения, применяемые для анаэробного сбраживания. Преимущества и недостатки отдельных сооружений (устройств).

Ответ:

Анаэробное сбраживание органических отходов применяется для:

- уменьшения объемов и массы отходов за счет деструкции органической части отходов на 25 – 45%;
- обеззараживание патогенной микрофлоры;
- устранения неприятного запаха;
- ускорения сушки осадка в естественных условиях (на площадках) и в искусственных (на фильтр – прессах, вакуумных фильтрах и др. устройствах);
- возможности использования питательных элементов отходов после обезвоживания для технической рекультивации;
- возможности использования метана, образующегося при сбраживании в метантенках и в теле полигонов, в качестве источника энергии.

Процессу анаэробной переработки можно подвергать следующие виды отходов:

- коммунальные отходы (отходы пищевой, молочной промышленности, производства дрожжей и пива, отходы животноводства и сельского хозяйства, кухонные отходы и пр.);
- органическую часть некоторых отходов производства;
- осадок коммунальных сточных вод после сооружений механической очистки;
- избыточный активный ил из БОС коммунальных сточных вод;

- избыточный активный ил из БОС смешанных коммунальных и промышленных СВ.

Для анаэробного сбраживания отходов применяются следующие сооружения: *метантенки; двухъярусные отстойники; септики; осветлители – перегниватели; полигоны; иловые площадки* (основное назначение иловых площадок – обезвоживание осадка, но в случае неполного окисления органических соединений в предыдущих сооружениях анаэробного сбраживания, процесс анаэробного сбраживания органики будет происходить и в нижних слоях осадка на иловых площадках в отсутствие кислорода).

Преимущества метантенков:

- относительно высокая степень распада органических соединений, достигающая при термофильном процессе 55%;
- значительная скорость сбраживания;
- возможность регулирования процесса сбраживания (скорости и глубины деструкции);
- возможность применения для сбраживания коммунальных отходов и избыточного ила.

Недостатки метантенков:

- сложность конструкции, оборудования и технологической схемы;
- взрывопожароопасность процесса обуславливает применения электротехнического и насосного оборудования во взрывопожаробезопасном исполнении;
- обязательность использования теплоносителя для подогрева осадка;
- необходимость дозирования сырого осадка и необходимость перемешивающих устройств.

Преимущества двухъярусных отстойников:

- простота конструкции;
- исполнение «двойной» цели: осветление СВ и анаэробного сбраживания выпавшего осадка.

Недостатки двухъярусных отстойников:

- невысокая степень деструкции органических веществ (не превышает 40%);
- малая скорость деструкции (исчисляется несколькими месяцами);
- трудность удаления сброженного осадка из иловой части отстойника.

Преимущества септиков:

- простота конструкции;
- одновременность осветления СВ и деструкция органических соединений.

Недостатки септиков:

- выделяющиеся при деструкции отходов пузырьки газа (метана и др.) выносят на поверхность частицы осадка, образуя на поверхности корку, загрязняющую осветленную воду;
- трудно удалить со дна септика осадок;
- в результате постоянного поступления свежих порций СВ в септиках происходит накопление жирных кислот и подавляется вторая фаза анаэробного сбраживания – фаза метанового (щелочного) сбраживания;
- для уменьшения равнодействующей скорости частиц СВ необходимо строить септики больших в плане размеров, что удорожает стоимость сооружений.

Преимущества осветлителей – перегнивателей:

- возможность совмещения в одном сооружении функций двух: осветлителя СВ и перегнивателя выпавшего осадка;
- возможность очистки высококонцентрированных СВ.

Недостатки:

- низкая скорость сбраживания осадка и невысокая эффективность деструкции;
- образование на поверхности жидкости корки, загрязняющей осветленную жидкость;
- трудность удаления осадка.

Достоинства и недостатки иловых площадок, полигонов будут рассмотрены в ответах на последующие вопросы.

Следует обратить внимание на общий недостаток всех открытых очистных сооружений, в том числе – двухъярусных отстойников, септиков, осветлителей – перегнивателей, иловых площадок, полигонов – загрязнение воздуха

атмосферы выделяющимися при деструкции газовыми выбросами (метан, сероводород, кетоны, оксиды углерода, соединения азота и др.).

[6, 7, 14, 42]

33. Стадии анаэробного сбраживания и основные процессы (биохимизм), происходящие на каждой стадии. Факторы, определяющие эффективность инактивации патогенной микрофлоры и конверсию органических соединений.

Ответ:

Процесс анаэробного сбраживания в любых сооружениях заключается в биологической деструкции органических соединений в анаэробных условиях и осуществляется в две фазы (стадии).

1-я стадия (стадия кислого брожения):

Органотрофные микроорганизмы расщепляют органические соединения отходов – углеводы, жиры, белки и др. образуя в качестве конечных продуктов распада в основном жирные кислоты и водород, а также спирты, аминокислоты, аммиак, сероводород, кетоны, уксусную кислоту.

Микроорганизмы – органотрофы являются факультативными анаэробами, гидролизующими органические соединения с помощью ферментов, используя кислород исходного органического соединения. Тем самым факультативные бактерии защищают от кислорода облигатные анаэробные бактерии, осуществляющие следующую стадию сбраживания – щелочную (метановую) стадию.

В стадии кислого брожения в метантенке обнаружены около 50 видов бактерий, принадлежащих к различным физиологическим группам и к 19 родам. Кроме бактерий в метантенке обнаружены грибы и даже простейшие. Все бактерии этой группы устойчивы к изменениям pH и температуры.

2-я стадия сбраживания (щелочное или метановое сбраживание):

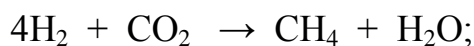
Продукты неполного окисления первой стадии, такие как жирные кислоты, спирты и др.

подвергаются дальнейшей деструкции при помощи литотрофных бактерий, в результате чего образуются метан и двуокись углерода. На этой стадии разрушаются органические кислоты, реакция среды становится щелочной, поэтому 2-ю стадию сбраживания называют щелочным сбраживанием или стадией газообразования.

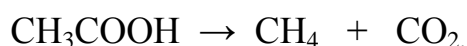
Метанобразующие бактерии 2-й стадии сбраживания очень чувствительны к O_2 и не способны функционировать при концентрации $O_2 > 0,1\%$. Не способны метановые бактерии разлагать даже углеводы. Субстратом для них служат только продукты предыдущего брожения.

Метанобразующие бактерии способны продуцировать метан 2-мя путями:

- путем восстановления углекислоты водородом:



- из простых органических соединений:



Обе стадии в метантенках происходят синхронно и лимитирующей весь процесс сбраживания является кислотная стадия, как наиболее чувствительная к технологическим параметрам, прежде всего к *pH*. При достижении $pH = 6$ и менее в осадке будут накапливаться кислоты, активность метанобразующих бактерий будет ингибирована, что, в свою очередь, приводит к новому накоплению кислот. Поэтому, поддержание *нейтральной среды* в метантенке является одной из основных задач технологов.

Другим параметром, определяющим эффективность сбраживания осадка в метантенках, является *температура*. Существует два температурных режима работы метантенков:

- мезофильный ($30 - 35^\circ C$);

- термофильный ($50 - 60^\circ C$).

Термофильный процесс предпочтительнее, так как, во-первых, эффективность инактивации патогенной микрофлоры выше; во-вторых, скорость деструкции выше.

Третьим параметром, влияющим на скорость и эффективность деструкции, является *влажность* исходного осадка. Загруженный из первичных или вторичных отстойников сырой осадок, имеющий влажность 95 – 97%, будет долго и неэффективно сбрасываться в метантенках. Поэтому, необходимо снизить влагосодержание осадков в соответствующих сооружениях или устройствах.

[6, 14, 42]

34. Способы обезвоживания осадков и технические устройства, применяемые для обезвоживания. Преимущества, недостатки каждого из устройств.

Ответ:

Для повышения эффективности деструкции в метантенках и другими способами обработки отходов (сжигание, пиролиз, размещение на полигонах, компостирование) необходимо снизить влагосодержание в осадках и, соответственно, повысить концентрацию органических соединений.

Основными сооружениями и техническими устройствами для обезвоживания осадков, являются: *илоуплотнители; иловые площадки; вакуум – фильтры; центрифуги; фильтр – прессы; сушилки с кипящим слоем.*

Илоуплотнитель представляет собой вертикальный отстойник с конусным днищем. Смесь осадка в виде взвешенных частиц в сточной воде подается по центральной вертикальной трубе с раструбом внизу, под которым расположен отражательный щит, выполняющий двойную функцию – изменяет направление движения жидкости с вертикального нисходящего на вертикальное восходящее и частично горизонтальное; гасит скорость движения жидкости. За счет изменения скорости и направления движения происходит седиментация взвешенных частиц в конусной части. Осадок из конусной части отводится под гидростатическим давлением столба жидкости по трубопроводу в приемную камеру.

Преимущества илоуплотнителя:

- простота конструкции;
- осветление СВ параллельно с обезвоживанием осадка.

Недостатки:

- невысокая эффективность обезвоживания, не более 3 – 4%;
- превышение времени нахождения осадка в илоуплотнителях более 2-х часов приводит к анаэробному кислотному сбраживанию, выделению сероводорода, имеющего неприятный запах.

Иловая площадка – прямоугольное в плане сооружение глубиной 1,5 – 2,0 м, по периметру имеющее наклонные откосы. Основание (днище) площадки монтируется из железобетона, на дне вдоль длинной стороны площадки имеются дренажные каналы с уклоном в сторону приемных дренажных колодцев. Дренажные каналы засыпаются щебнем разной крупности, через который фильтруется СВ и далее отводится на доочистку. Дренирующее основание иловых площадок должно составлять не менее 10% площади карты.

Нагрузку осадка на иловые площадки в $\text{м}^3/\text{м}^2$ в год со среднегодовой температурой воздуха 3-6 $^{\circ}\text{C}$ и среднегодовым количеством атмосферных осадков до 500 мм надлежит принимать в соответствии со СНиП 2.04.03-85.

Преимущества иловых площадок:

- простота конструкции и обслуживания;
- возможность получения осадка с содержанием воды до 75 – 80%.

Недостатки:

- необходимость наличия больших площадей для строительства площадок;
- трудность при удалении осадка;
- низкая эффективность работы в зимнее время;
- загрязнение воздуха атмосферы выделяющимися газами.

Вакуум – фильтр – устройство, состоящее из цилиндрического горизонтально расположенного барабана, обтянутого капроновой или хлорвиниловой тканью. Барабан разделен радиальными перегородками на несколько отдельных фильтрующих камер (секторов) и погружен в корыто, в котором находится исходный осадок. Каждая секция барабана при вращении

находится поочередно или под вакуумом, или под давлением. В момент погружения камеры в корыто с осадком, в камере создается вакуум и осадок прилипает к фильтровальной камере снаружи барабана. Затем, камера выходит из корыта и подходит к съемному ножу, который срезает прилипший осадок. В это время отключается вакуум и в камере создается избыточное давление.

Преимущества вакуум – фильтра:

- высокая эффективность обезвоживания осадка (до 80% влажности).

Недостатки:

- сложность устройства и эксплуатации,
- частое забивание фильтрующего элемента на барабане и необходимость замены ткани;
- необходимость дополнительного источника давления воздуха и вакуума.

Центрифуги – основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стенками и полый шнек, которые вращаются в одном направлении, но с разными частотами. За счет разности частоты вращения ротора и шнека происходит разделение жидкости и частиц осадка.

Преимущество центрифугирования: в том, что влажность обезвоженного осадка может достигать 60%.

Основным недостатком является высокое содержание частиц осадка в фильтрате, Центрифугирование осадков не нашло широкого применения.

Фильтр – пресс. Основным фильтрующим элементом фильтр – пресса является блок из нескольких фильтровальных плит, обтянутых фильтровальной тканью. Осадок плунжерными насосами под давлением продавливается через ткань.

Достоинством фильтр – пресса является достаточно низкая влажность осадка – около 65%.

Недостатки:

- быстрая забивка пор фильтровальной ткани и необходимость частой замены;
- ненадежность конструкции опор и направляющих роликов фильтровальных плит приводит к частым поломкам узла.

Сушилка с кипящим слоем – через слой инертного материала, находящегося на решетке, пропускается теплогазоноситель, который частицы инертного материала приводит во взвешенное состояние. Исходный осадок форсунками вводится в слой инертного материала и, попадая на поверхность частиц, осадок высушивается. Высушенный осадок вместе с потоком теплоносителя выносятся из сушилки и направляются на разделение.

Сушилки с кипящим слоем не получили широкого распространения по причине основного недостатка – сложности разделения осадка и теплоносителя.

[6, 14, 42]

35. Устройство и принцип действия сооружений для сбраживания осадков – метантенков, двухъярусных отстойников; септиков, осветлителей - перегнивателей.

Ответ:

Метантенк – железобетонный цилиндрический аппарат с коническим днищем и верхнем герметичным перекрытием. Метантенки бывают с неподвижным затопленным перекрытием, с неподвижным незатопленным перекрытием и с подвижным перекрытием. Для уменьшения коркообразования горловина метантенков имеет вытянутую вверх форму.

Для увеличения степени деструкции органических соединений и увеличения скорости деструкции применяют подогрев и перемешивание осадка. Подогрев теплообменниками неэффективен, поэтому чаще всего подогревают острым паром, который подается или на всас насоса при закачивании порции сырого осадка, или в дозировочный бак, или в метантенк пароструйным инжектором. Перемешивание осадка осуществляется насосами или гидроэлеваторами совместно с насосами, или мешалками.

Основным компонентом выделяемого при сбраживании газа, является метан (до 70%), концентрационные пределы взрываемости которого – 5 – 15%. Поэтому, при эксплуатации метантенков должно быть исключено образование вакуума и

подсоса воздуха. Электрооборудование должно быть во взрывозащищенном исполнении.

Количество и состав газов зависит от состава утилизируемого осадка, а скорость их выделения – от температуры процесса, массообменных процессов - режима загрузки (дозы загрузки и периодичности) и интенсивности перемешивания.

Бактериальная флора, осуществляющая деструкцию органики при мезофильном и термофильном процессах, примерно одинакова, но при термофильном сбраживании процесс происходит быстрее и суточная нагрузка (доза загрузки) может быть увеличена до 20%.

Чем более отклоняется рН в сторону кислой среды (6,0 и менее), тем более в начальной стадии находится процесс, т. к. в начальной фазе сбраживания образуется большое количество жирных кислот.

По СНиП 2.04.03-85 определение вместимости метантенков следует производить в зависимости от фактической влажности осадка посуточной дозе загрузки.

Двухъярусный отстойник – круглый или прямоугольный в плане железобетонный резервуар с коническим или пирамидальным в плане днищем различных размеров, определяемых расчетом. Двухъярусный отстойник состоит из двух частей: отстойной (осадительной) зоны и гнилостной или септической камеры. В отстойной зоне расположены осадочные желоба, которые выполняют функцию горизонтальных отстойников. Благодаря небольшой скорости движения из СВ выпадает большая часть взвешенных частиц и небольшая часть коллоидных веществ, которые далее проваливаются через щель в осадочных желобах и попадают в нижнюю зону отстойника – септическую камеру. Конструкция осадочных желобов не позволяет всплывающим пузырькам газовыделений, образующихся при деструкции органики, уносить вверх частицы осадка и загрязнять осветленную воду.

Из иловой камеры перегнивший осадок удаляется самотеком под гидростатическим давлением столба жидкости через выпускную трубу.

Конструктивно двухъярусные отстойники могут быть с одной или двумя септическими камерами.

Септики – наиболее простым сооружением для анаэробной обработки отходов является септик, в котором происходит одновременно осветление СВ и деструкция выпавшего осадка, который может храниться на дне септика до года.

Септик – железобетонный резервуар прямоугольного или круглого в плане сечения.

Расчетные объемы септиков принимают исходя из условий очистки их не менее одного раза в год. Проточную часть септиков рассчитывают на пребывание в ней воды в течение 1 – 3 суток. В зависимости от расхода СВ принимаются однокамерные, двухкамерные или трехкамерные септики.

Осветлители - перегниватели, - сооружение, совмещающее в себе два сооружения – первичный отстойник (осветлитель), в котором происходит осаждение осадка СВ и септическую камеру (перегниватель), в котором происходит анаэробное сбраживание осадка из осветлителя.

СВ подается в центральную трубу осветлителя, на конце которой находится отражательный щит. За счет перепада уровней отметок на входе в трубу и в осветлителе создается значительная скорость в трубе (0,5 – 0,7 м/с), которая обеспечивает подсос атмосферного воздуха. Смесь СВ поступает в камеру флотации осветлителя, затем поступает в отстойную камеру, проходя через слой взвеси, создаваемой во флотационной камере и на выходе из нее. Выпавший на дно осветлителя осадок по иловой трубе под гидростатическим давлением столба жидкости перепускается в приемную камеру. Из приемной камеры осадок насосом перекачивается в перегниватель, где без доступа кислорода сбраживается.

[14, 42]

36. Типы полигонов и показатели вредности, которые должны обеспечивать полигоны.

Ответ:

Полигоны в зависимости от состава и свойств размещаемых на них отходов, подразделяются на три типа:

- полигоны для опасных отходов (монополигоны);
- полигоны для неопасных отходов (санитарные полигоны);
- полигоны для инертных отходов.

На монополигонах размещают исключительно опасные отходы.

На санитарных полигонах размещают коммунальные и промышленные отходы. Эти полигоны характеризуются большим содержанием органических веществ, поэтому выделяется при хранении полигонный (свалочный) газ и образуется фильтрат – сточные воды с высоким содержанием ЗВ, в том числе тяжелых металлов и ароматических соединений.

На полигонах для инертных материалов обычно размещаются отходы строительных материалов, грунт и пр. инертные материалы.

Полигоны должны обеспечивать охрану ОПС по 6-ти показателям вредности:

органолептический показатель вредности характеризует изменения запаха, вкуса и пищевой ценности тест – растений на прилегающей к полигону территории, а также запаха атмосферного воздуха, вкуса, цвета и запаха грунтовых и поверхностных вод;

фитоаккумуляционный (транслакационный) показатель характеризует процесс миграции химических веществ из почвы близлежащих участков и территории рекультивированных полигонов в культурные растения, используемые в качестве продуктов питания и фуража;

общесанитарный показатель отражает процессы изменения биологической активности и показателей самоочищения почвы прилегающих участков;

миграционно - водный показатель вредности выявляет процессы миграции химических веществ фильтрата отходов в поверхностные и подземные воды;

миграционно – воздушный показатель отражает процессы поступления выбросов в атмосферный воздух с пылью, испарениями и газами;

санитарно – токсикологический показатель суммарно характеризует эффект влияния факторов, действующих в комплексе.

[6, 7, 8]

37. Требования к планированию полигонов.

Ответ:

Размер полигона определяет количество отходов, планируемых к размещению в ближайшие 30 лет. Тип полигона устанавливается в зависимости от качественного состава.

Перед разработкой проекта необходимо определить: годовой объем и состав фильтрата; годовой объем и состав полигонного газа.

Затем необходимо определить строительную площадку под полигон. При выборе площадки необходимо руководствоваться следующими принципами:

- защита здоровья населения;
- защита ОС по 6-ти показателям вредности (перечислены выше);
- соблюдение прав и интересов населения, проживающего в районе строительства;
- экономическая целесообразность эксплуатации.

Перед выбором площадки проводят предварительные изыскания по следующим направлениям:

- проводят топографические и гидрогеологические изыскания;
- оценивают воздействие на подземные и поверхностные водные источники;
- оценивают риск повреждений от землетрясений и осадки;
- выявления наличия глинистых грунтов на месте предполагаемого полигона;
- способ очистки фильтрата;
- система сбора и утилизации полигонного газа;
- способ перевозки отходов;
- оценка ландшафтных условий, определение высоты подсыпки;
- использование землеотвода после заполнения полигона;
- определение системы мониторинга.

[6, 7, 8]

38. Основные биохимические процессы и фазы, происходящие в верхнем и нижнем (теле полигона) слоях полигона.

Ответ:

В верхнем слое отходов на полигоне присутствует кислород, диффундирующий из атмосферы и формирующий аэробные условия, в которых легко разлагаемые органические соединения окисляются до углекислоты и воды с помощью гетеротрофных микроорганизмов.

Выделяемая при расщеплении кратных связей органического соединения энергия частично трансформируется в тепло, но так как теплоотдача внутри полигона меньше теплопритока, то происходит разогрев отходов до 60 – 70°С в течение примерно месяца. При дальнейшем повышении температуры свыше 70°С большинство микроорганизмов погибает, при этом начинают преобладать не биохимические реакции, а химические.

По мере увеличения глубины в теле полигона диффундирование кислорода атмосферы уменьшается и на некоторой глубине (около 1м) становится нулевой (во многом зависит от фракционного состава отходов и от утрамбовывания катками поверхности полигона). В условиях недостатка O₂ процесс деструкции органических соединений переходит от аэробов к факультативным анаэробам и далее, к облигатным анаэробным микроорганизмам.

Но на практике окисление аэробами в верхнем слое отходов будет незначительным по следующим причинам:

- 1) большие размеры фрагментов отходов препятствуют диффузии кислорода внутрь фрагментов;
- 2) отрицательная температура в зимних условиях;
- 3) низкая влажность отходов, препятствующая эффективным гидродинамическим процессам.

В нижних слоях полигона происходит анаэробное разложение органических соединений, которое можно разделить на две стадии:

Стадия анаэробного разложения с образованием кислот:

Осуществляется ферментами, выделяемыми факультативными и облигатными микроорганизмами. Энергии при разрыве кратных связей органических соединений выделяется немного и она расходуется на энергетический обмен; на этой стадии практически нет прироста биомассы и не

выделяется тепло – происходит или стабилизация повышенной на предыдущей стадии температуры в результате экзотермической реакции, или понижение температуры.

Конечным продуктом данной стадии разложения являются жирные кислоты, уксусная, муравьиная, пропионовая, масляная кислоты, сероводород, аммиак и др.

Стадия анаэробного сбраживания с образованием полигонных газов (стадия газообразования):

Процесс анаэробного сбраживания на данной стадии осуществляется с помощью органотрофных и литотрофных бактерий. Литотрофные бактерии ферментируют образование метана из диоксида углерода и водорода. К литотрофным бактериям относятся и сульфаторедуцирующие анаэробные бактерии, продуцирующие сероводород из сульфатов. Конечным акцептором водорода данной стадии является диоксид углерода и сульфаты в результате выделения ферментов двумя видами бактерий: метанобразующими и сульфаторедуцирующими. Соответственно в результате действия метанобразующих и сульфаторедуцирующих бактерий образуется при разложении метан и сероводород.

Различие в деятельности метаногенных и сульфаторедуцирующих бактерий заключается в том, что для акцептирования водорода к сульфатам требуется энергии меньше, чем для присоединения к двуокиси углерода. Поэтому, в случае одновременного присутствия в отходах диоксида углерода и сульфатов, продуцироваться в первую очередь будет сероводород. На практике раздельного хранения органических и сульфатных отходов нет, что вызывает выделение сначала сероводорода, и только через несколько лет – метана (горение старых свалок).

На стадии разложения органических кислот рН среды становится щелочной, поэтому ее называют щелочной или стадией газообразования.

[6, 14, 42]

39. Химизм аэробного и анаэробного расщепления органических соединений на первой, второй стадиях и микроорганизмы, ферментирующие расщепление.

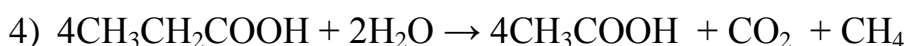
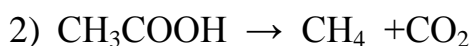
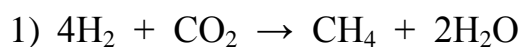
Ответ:

Основная роль в деструкции отходов на полигонах принадлежит анаэробам, т. к. основная масса отходов находится в бескислородной зоне.

На первой стадии сбраживания (называют кислотной) органические вещества отходов, под воздействием ферментов, выделяемых анаэробными микроорганизмами, акцептируют электроны и распадаются на жирные кислоты, спирты, СО. Затем жирные кислоты и спирты ферментируют двумя видами бактерий по двум направлениям: ацетогенные бактерии образуют уксусную кислоту и СО₂; сульфаторедуцирующие бактерии – СО₂ и Н₂.

На второй стадии (называют щелочной или метаногенной стадией) метановые бактерии продуцируют метан из продуктов распада первой стадии.

Метан может образоваться по следующим реакциям:



Из реакций видно, что метанобразующими бактериями могут быть, как органотрофы, так и литотрофы. (Первая реакция инициируется литотрофными бактериями; последние три – органотрофными).

[6, 14, 42]

40. Основные компоненты полигонного газа, выделяемые в процессе размещения отходов и выделяемые при сгорании полигонного газа.

Ответ:

Состав полигонного газа, образующегося при деструкции отходов виден на примере состава газа одного из полигонов Подмосковья:

Состав полигонного газа

Соединение	Содержание в биогазе, мг/м ³	ПДК, мг/м ³	Класс опасности
Этилен	0,7 – 31,0	3	3
Пропилен	0,04- 10.0	3	3
Бензол	0,03- 7,0	0,6	2
Толуол	0,2- 615,0	0,02	3
Диметилбензол	0,2- 7,0	0,02	3
Трихлорметан	0-2	0,03	2
Тетрахлорметан	0- 0,6	0,7	2
Дихлорэтан	0- 294	1	2
Трихлорэтан	0- 182	-	
Хлорбензол	0- 0.2	0,1	3
Суммар, сод. хлора	25-40	0,03	2
Оксид углерода	0- 0,3%	3	3
Аммиак	0- 0,1%	0,04	3
Сероводород	200	-	2

Возможны три варианта состава полигонного газа:

1) выбросы в атмосферу полигонного газа без какой – либо утилизации (сырого полигонного газа).

(В России на большинстве полигонов газ не утилизируется).

2) выбросы высокотоксичных продуктов неполного окисления полигонного газа, в том числе диоксинов, при стихийных пожарах на полигонах;

3) выбросы продуктов сгорания после утилизации полигонного газа. Данные анализов газа одного из полигонов Подмоскovie приведены в табл.2.

Таблица 2

Результаты анализов исходного биогаза в мг/м³ и продуктов его сгорания

Соединение	пыль	C _x H _y	NO ₂	H ₂ S	SO ₂	C ₆ H ₆	толуол	этилбензол	ксилолы	СО	ПХБ
ПДК	0,5	1,0	0,085	0,08	0,5	1,5	0,6	0,02	0,2	0,5	0,005
На поверхности оголовка	10,26	1,83	0,02	0,05	0,05	0,35	0,14	0,12	0,06	1,0	-
На глубине 0,4м от поверхности оголовка	14,31	4,43	-	-	-	0,06	0,02	0,02	0,01	1,75	-
В зоне горения на конце пламени, t = 950°С	8,48	3,41	0,17	0,027	0,65	1,67	0,84	0,6	0,13	7,4	2,0-3,5

На основании данных исследований можно сделать следующие выводы:

- содержание основных органических и неорганических веществ в полигонных газах превышает ПДК;
- сжигание полигонных газов при температуре 950°С не только не снижает концентрацию отдельных ЗВ в газах, но приводит к увеличению концентрации. В больших концентрациях образуется при данной температуре полихлорированный бифенил (вещество канцерогенного действия).

Проблема утилизации полигонных газов усугубляется тем, что выбросы являются *неорганизованными*. Кроме того, состав полигонных газов непостоянен.

Одним из способов, позволяющих минимизировать количество и состав выделения газов, является блокирование анаэробных процессов второй стадии образования газов (стадии метаногенеза) аэрированием нижних слоев полигона принудительной или естественной (конвекция) вентиляцией.

[6, 7, 49]

41. Примерный состав сточных вод (фильтрата), образующихся на полигонах. Проблемы утилизации фильтрата полигонов.

Ответ:

В полигонном фильтрате состав органических и минеральных соединений значительно шире, чем в полигонном газе за счет взвешенных, коллоидных веществ и тяжелых металлов.

Причем состав фильтрата будет меняться в зависимости от возраста полигона. В отходах «молодого» полигона будут преобладать легкоокисляемые соединения и процессы аэробного окисления.

С увеличением возраста полигона будут преобладать процессы анаэробного разложения, продуцирующие более сложные по составу соединения.

Для исключения попадания ЗВ фильтрата в подземные водоисточники практикуется гидроизоляция основания полигона и сбор, последующая очистка фильтрата.

Система очистки полигонного фильтрата должна предусматривать необходимые способы очистки, в том числе биоочистку. Одним из вариантов обеспечения необходимой степени очистки фильтрата может быть двухступенчатая очистка в аэротенках.

[6, 7, 49]

Б. Газовые выбросы

1. Основные международные конвенции в области охраны атмосферы, озонового слоя (Венская, Стокгольмская конвенции, Монреальский, Киотский протоколы).

Ответ:

21.03. 1994г вступила в силу «Рамочная конвенция ООН об изменении климата», подписанная более чем 180 странами мира. Цель конвенции –

минимизация отрицательных воздействий на климат, в том числе антропогенного воздействия парниковых газов

22.03.1985г была принята Венская конвенция об охране озонового слоя, направленная на принятие соответствующих мер по охране ОС и здоровья людей от вредных воздействий, в том числе солнечной радиации, которые возникают или могут возникнуть в результате изменения, разрушения озонового слоя под воздействием человеческой деятельности.

В 1988г подписан Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой; в 1990г в Лондоне была принята Лондонская поправка к Монреальскому протоколу по веществам, разрушающим озоновый слой.

23.05.2001г была подписана 92 государствами и Европейским сообществом «Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях», которая предусматривала меры по сокращению или устранению выбросов стойких органических соединений в результате производства и использования.

11.12.1997г был подписан Киотский протокол к «Рамочной конвенции ООН об изменении климата» 1994г. Киотский протокол обязывает развитые страны и страны с переходной экономикой сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов в 2008 – 2012 годах по сравнению с 1990 годом. Первый период заканчивается 31 декабря 2012г, после чего планируется новое соглашение.

[4, 5, 6]

2. Нормативно – правовые акты и нормативно – технические документы РФ в области охраны атмосферного воздуха.

Ответ:

Постановлением Правительства РФ №526 от 24.05.1995г на территорию РФ запрещен ввоз озоноразрушающих веществ и содержащей их продукции из стран, не являющихся сторонами Венской конвенции и Монреальского протокола, а также вывоз озоноразрушающих веществ и продукции, содержащей их, в страны, являющимися сторонами Венской конвенции и Монреальского протокола. Постановлением Правительства РФ от 08.05.1996г №563 утверждено Положение о

порядке ввоза в Россию и вывоза из РФ озоноразрушающих веществ и продукции, их содержащей.

ФЗ от 04.11.2004г №128 «О ратификации Киотского протокола к Рамочной конвенции ООН об изменении климата» ратифицировал Киотский протокол.

Основными законами, регулирующими отношения в области охраны атмосферного воздуха в РФ, являются ФЗ «Об охране окружающей среды», «Об охране атмосферного воздуха».

Постановлением Правительства РФ от 12.10.2005г №609 утвержден технический регламент «О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории РФ, вредных (загрязняющих) веществ».

ГОСТом 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» введен список ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, включающий перечень веществ из 1307 наименований.

[5, 7]

3. Основные источники выбросов загрязняющих веществ в РФ. Резолюция четвертой Всероссийской конференции «Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики» о состоянии атмосферного воздуха в городах России.

Ответ:

Как отмечено в Резолюции четвертой Всероссийской конференции «Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики», проходившей 18 ноября 2008г в Кремле, по данным Росгидромета в 2007г из 251 города РФ (где проводились регулярные наблюдения) в 135 городах с населением 58,1 млн. чел. (56% всего городского населения) атмосферный воздух характеризовался по интегральному показателю *очень высокой и высокой* степенью загрязнения,

К основным промышленным загрязнителям атмосферного воздуха относятся предприятия энергетики, металлургии, стройматериалов, химической и нефтеперерабатывающей промышленности, производства минеральных удобрений, автотранспорт. В энергетике основными загрязнителями атмосферного

воздуха являются тепловые электростанции, использующие до 80% всего добываемого топлива, при сжигании которого в наибольших количествах выделяются оксиды азота, зола, диоксид серы. Кроме того, в процессе сжигания потребляется огромное количество кислорода.

Значительно загрязняют атмосферу авиационный, речной, морской, железнодорожный, автомобильный виды транспорта.

Предприятия нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности выбрасывают в воздух атмосферы в больших количествах углеводороды, оксиды азота, серы, аммиак, хлор, сероводород, фенол, бензол, ацетон, формальдегид, толуол и другие токсичные вещества.

[5, 7]

4. Статистические данные о составе выбросов автомобильного транспорта, предприятий металлургии, машиностроительного, нефтеперерабатывающего комплексов, источников радиоактивного загрязнения. Содержание бензола в бензинах различных марок и в отработанных бензинах.

Ответ:

На долю автомобильного транспорта приходится до 70% выбросов ЗВ в воздух в крупных городах РФ. Выхлопные газы автомобилей содержат смесь из более чем 200 компонентов, в том числе канцерогены.

Одним из основных высокотоксичных компонентов бензина является *бензол*. ПДК бензола в бензинах Евро-3 и Евро-4 – не более 1%, по ГОСТ Р511105-97 – не более 5%.

В таблице 3 представлены данные по содержанию бензола в бензинах основных заправочных станций РФ:

Содержание бензола в бензине

Наименование АЗС	Концентрация бензола, об. %, А-76	Концентрация бензола, об. %, А-92	Концентрация бензола, об. %, А-95
«Татнефть»	0,5309	1,1197	1,5382
«Роснефтьтранс»	0,4599	1,0682	-
«Волгаойлсервис»	0,5417	1,0208	1,5574
«Волга Петролеум»	0,4717	1,0366	1,1851
«Волганефтьсервис»	0,5814	1,0647	1,1054
«Чувашнефтепродукт»	0,3646	0,9247	1,1636
«Лукойлсервис»	0,8351	1,4506	1,8113
«Волга Петролеум 2»	0,4115	0,9225	1,0942
«Татнефть 2»	0,5413	0,8997	1,0241

Из данных, представленных в табл.3, видно:

- 1) исследованные бензины по содержанию бензола российским (гостовским) требованиям соответствуют, но европейским стандартам не соответствуют;
- 2) концентрация бензола возрастает с декларируемым улучшением качества бензина, подтвержденное маркой бензина, что дает основание сделать два вывода:
 - а) качество бензина в части воздействия на ОС от марки А-76 к марке А-95 снижается;
 - б) октановое число повышается простым физическим добавлением бензольных (ароматических) соединений в бензин с низким октановым числом.

Данные табл.4 демонстрируют концентрацию бензола в отработанных газах старых автомобилей различных марок:

Содержание бензола в отработанных газах

Виды автотранспорта	Концентрация бензола, мг/м ³	Марка бензина
ГАЗ-3110, 2001г	9,8894	А-76
Газ- 31029, 1995г	9,3344	А-76
Форд Эскорд, 1993г	29,3345	Аи-92
Мицубиси Моторс, 1995г	23,3307	Аи-92
Фольксваген, 1989г	10,0996	Аи-92
ВАЗ 2111, 2000г	5,0488	Аи-92
ВАЗ 2110, 2001г	4,1072	Аи-92
ВАЗ 2108, 2000г	4,4605	Аи-92
Ваз 2112, 2000г	4,3332	Аи-92

ПДК бензола в воздухе составляет 1,5 мг/м³.

Предприятия химической промышленности, производящие более 70 тыс. наименований различных изделий, выбрасывают в воздух атмосферы огромный «букет» вредных веществ, в том числе диоксид серы, оксид углерода, оксиды азота, пыль, аммиак, сероуглерод, сероводород, хлористые и фтористые соединения, формальдегид и пр.

Предприятия черной металлургии загрязняют атмосферный воздух оксидом углерода, пылью, диоксидом серы, оксидами азота, фенолом, аммиаком, углеводородами, сероводородом, соляной и серной кислотами, цианидами, хлором и пр.

Выбросы предприятий машиностроительного комплекса включают метанол, цианиды, полициклические ароматические углеводороды, фенол, формальдегид, хром, медь, никель, дихлорэтан, ацетаты, хлорбензол, диизоционат и др.

Значительными источниками загрязнения атмосферы являются птицефабрики и животноводческие комплексы, в выбросах которых содержатся аммиак, сероводород, оксиды азота, индол и другие соединения.

К стационарным источникам загрязнения атмосферы радиоактивными веществами относятся атомные электростанции и предприятия по переработке ядерных материалов, а к передвижным – ракеты, космические корабли. Загрязнения атмосферы в результате испытаний ядерного оружия носит глобальный характер, так как радиоактивные изотопы (а их образуется более 100) распространяются в пределах нижней атмосферы.

[9]

5. Динамика выбросов основных загрязняющих веществ от стационарных источников по основным городам РТ в официальной статотчетности.

Ответ:

Уровень загрязнения атмосферы в г. Казань в 2008г. в целом характеризовался как высокий (среднегодовые концентрации бензопирена составили 2,2 ПДК, диоксида азота – 2,0 ПДК, аммиака – 1,5 ПДК, формальдегида – 2,7 ПДК); в г. Набережные Челны – как очень высокий (бензопирен – 2,2 ПДК, формальдегид – 4,7 ПДК); в г. Нижнекамск – как очень высокий (бензопирен – 2,3 ПДК, формальдегид – 4,7 ПДК, взвешенные вещества – 1,1 ПДК, фенол – 1,3 ПДК); в г. Альметьевск как высокий (формальдегид – 4,0 ПДК); в г. Бугульма – как высокий (формальдегид – 3,0 ПДК); в г. Зеленодольск – как повышенный (диоксид азота – 1,5 ПДК, формальдегид – 2,0 ПДК).

Вклад автотранспорта в суммарные выбросы от стационарных и передвижных источников составляет 52%.

Крупнейшие источники выбросов ЗВ в атмосферу в 2008г.:

ОАО «Татнефть»	- 76,0 тыс.т
ОАО «Генерирующая компания», г. Казань	- 33,4 тыс. т
ОАО «Нижнекамскнефтехим», г. Нижнекамск	- 27,7 тыс. т

[3]

6. Характеристика видов ПДК в газовых выбросах (в воздухе рабочей зоны, разовая и среднесуточная в воздухе населенных пунктов). Мониторинг выбросов.

Ответ:

ПДК - предельно допустимая концентрация вредного веществ в воздухе рабочей зоны или атмосферном воздухе населенных пунктов. Под ПДК следует понимать такую концентрацию вещества, которая при ежедневном воздействии в течение длительного времени (при периодическом или в течение всей жизни) на организм человека не вызывает каких-либо патологических изменений или заболеваний, обнаруживаемых современными методами исследований, а также не нарушает биологического оптимума для человека (рефлекторных реакций). При установлении ПДК веществ в воздухе рабочей зоны или в воздушном бассейне населенных пунктов ориентируются на токсикологический показатель вредности или рефлекторную реакцию организма.

С целью санитарной оценки воздушной среды применяют следующие показатели:

ПДК_{р.з.} – предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³ – концентрация, которая при 8-и часовом рабочем дне (или другой продолжительности, но не более 41 часа в неделю) в течение всего рабочего стажа не может вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдельные сроки жизни настоящего или будущего поколений.

Рабочая зона – пространство, ограниченное по высоте 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного (непостоянного) пребывания работающих.

ПДК_{м.р.} – максимально *разовая* концентрация вредного вещества в воздухе населенных пунктов (мг/м³), которая при вдыхании в течение 20 мин. не должна вызывать рефлекторных реакций в организме человека.

ПДК_{сс} - *среднесуточная* предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе населенных пунктов, мг/м³, не оказывающая на человека

прямого или косвенного вредного воздействия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания.

[6, 10]

7. Условие фактических концентраций компонентов однонаправленного действия при одновременном содержании в воздухе рабочей зоны. Требования к периодичности контроля содержания в воздухе вредных веществ остронаправленного действия и различных классов опасности.

Ответ:

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ разнонаправленного действия ПДК остаются такими же, как и при изолированном воздействии.

Некоторые вещества опасны для человека не только при вдыхании, но и при соприкосновении с кожей. Некоторые при совместном воздействии усиливают отрицательный эффект (эффект синергизма), например, ацетон и фенол, сернистый газ и фенол и многие другие.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны нескольких вредных веществ однонаправленного действия (по заключению органов государственного санитарного надзора) сумма отношений фактических концентраций каждого из них (K_1, K_2, \dots, K_n) в воздухе к их ПДК ($ПДК_1, ПДК_2, \dots, ПДК_n$) не должна превышать единицы :

$$K_1 / ПДК_1 + K_2 / ПДК_2 + \dots + K_n / ПДК_n < 1$$

Периодичность контроля (за исключением веществ остронаправленного действия) устанавливаются в зависимости от класса опасности вредного вещества: для I класса – не реже 1 раза в 10 дней; II класса – не реже 1 раза в месяц; III и IV классов – не реже 1 раза в квартал.

При наличии в воздухе веществ с остронаправленным действием должен обеспечиваться непрерывный контроль с сигнализацией о превышении ПДК.

[6, 10]

8. Характеристика, назначение санитарно-защитной зоны.

Ответ:

ПДК является санитарно – гигиеническим показателем, устанавливающим конкретные требования в месте, где находится человек и является показателем производным от мощности выброса источником этого выброса – трубой, установкой. Естественно, непосредственно в источнике выброса - в устье трубы концентрация ЗВ будет многократно выше ПДК и на некотором расстоянии от выбросной трубы концентрация будет уменьшаться. Это расстояние, в котором ЗВ должны рассеиваться до безопасного для ОС и человека уровня, называется *санитарно-защитной зоной (СЗЗ)*.

Расстояние (ширина) СЗЗ устанавливается в зависимости от категории предприятия (чем более вредные вещества выбрасываются, тем больше СЗЗ. Для наиболее опасного предприятия – предприятия 1 класса- устанавливается максимальная СЗЗ – 1 км; для предприятий и производств 11-го класса СЗЗ размером 500м; 111-го класса – 300м; 1V- го класса – 100м; V-го класса – СЗЗ размером 50м.

[8, 10]

9. Предельно – допустимый выброс и основная формула для расчета предельно – допустимых выбросов (ПДВ). Временно – согласованные нормы выброса (ВСС).

Ответ:

Процесс рассеивания зависит от многих факторов, основным из которых является *мощность выброса (М)*. Для установления предприятиям некоего ограничения по выбросам ЗВ горячих источников рассчитывается по нижеприведенной формуле *предельно допустимый выброс (ПДВ)*. Предприятие обязано соблюдать на основании установленного ПДВ условие: $M < ПДВ$.

ПДВ рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\text{ф}}) H^2 \sqrt{V \Delta T}}{A F m n \zeta}, \text{ где:}$$

ПДК – предельно допустимая концентрация вредного вещества, г/м³;

C_ф – фоновая концентрация данного вещества в приземном слое атмосферы;

A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий

условия перемешивания слоев (для субтропиков – 240; для Нижнего Поволжья и Северного Кавказа – 200; для Центра России A = 120);

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания частиц в атмос-

фере (для газов и аэрозолей F = 1; для пыли при различных степенях очистки – от 2 до 3);

m, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника

выброса;

H – высота источника выброса, м;

Δ T – разность между температурой выбрасываемой смеси и температурой воздуха, °K ;

V – объем выбрасываемой газовой смеси, м³/с;

ζ – коэффициент, характеризующий местность (для равнинной – 1, для пересеченной – 2).

Установленные значения ПДВ не всегда могут быть достигнуты,- в этом случае предприятию устанавливаются *временно согласованные нормы выбросов* вредных веществ (ВСВ). Предприятие обязано разработать инженерные мероприятия по достижению ПДВ в конкретный временной промежуток, на который устанавливаются ВСВ.

[8, 10]

10. Основные методы очистки газов от вредных примесей.

Характеристика основных физико – механических методов очистки газов.

Ответ:

Физико- механические методы служат в основном для очистки *гетерогенных* газовых систем, к которым относятся аэрозоли и газовзвесь. В гетерогенных газовых системах сплошной (дисперсионной) фазой является газ или смесь газов, а дискретной (дисперсной) фазой являются взвешенные твердые или жидкие частицы.

Аэрозоли подразделяют на: собственно аэрозоли (размер частиц или капель 0,01-0,1 мкм);

Дым (размер твердых частиц 0,1 – 5 мкм); пыль (размер твердых частиц 5-100 мкм); туман (размер капель жидкости 0,1- 5 мкм). Пылью часто называют также высаженные из гетерогенной газовой системы частицы твердой фазы.

Газовзвесь – гетерогенная газовая система с размером твердых частиц или капель жидкости свыше 100 мкм.

Физико-механические методы очистки газа основаны на осаждении (выделении) из газового потока частиц,- при этом могут быть следующие виды осаждения:

Центробежное осаждение происходит под действием центробежной силы, действующей на частицы,двигающиеся в газоочистном аппарате по криволинейным траекториям;

Гравитационное осаждение (седиментация) – заключается в действии на осаждаемые частицы силы тяжести при прохождении гетерогенной системы через газоочистной аппарат;

Инерционное осаждение происходит под действием инерции, возникающей при резких изменениях направления движения частиц.

Фильтрационное осаждение (*осаждение зацеплением*) происходит за счет поверхностных сил, возникающих при касании частиц фильтровальных перегородок, жидкостных пленок и капель, рабочих элементов газоочистного оборудования при движении сквозь них гетерогенных систем;

Электрическое осаждение происходит под действием сил электрического поля, действующего на заряженные частицы;

Диффузионное осаждение заключается в воздействии молекул газа, которые находятся в непрерывном хаотичном броуновском движении на частицы примесей и последующим их осаждением;

Конденсация – основана на уменьшении давления насыщенного пара вредного компонента при понижении температуры, что приводит к образованию тумана и высаждению его на рабочих поверхностях газоочистного оборудования.

[8, 10]

11. Какие факторы влияют на изменение исходного состава и свойств газовых выбросов?

Ответ:

Промышленные выбросы в атмосфере подвергаются воздействию коротковолновой радиации, которая вызывает химические реакции, основными из которых являются: гидролиз (реакция с водяными парами в атмосфере); фотолиз (при облучении солнечным светом); озонлиз (реакции с озоном); окисление (реакции с кислородом).

Кроме того, в атмосфере происходят следующие реакции взаимодействия:

- между выбрасываемыми компонентами ЗВ;
- между выбрасываемыми компонентами и вновь образуемыми соединениями в результате реакций окисления, фотолиза, гидролиза и др.
- между выбрасываемыми, вновь образованными соединениями и фоновыми ЗВ.

Во многих случаях указанные реакции усиливают (эффект синергизма) токсичные (часто - канцерогенные, мутагенные свойства) характеристики исходных выбросов.

[7, 10]

12. Характеристика физико-химических методов очистки газов. Термические, мембранные, каталитические методы очистки.

Ответ:

Физико-химические методы служат в основном для очистки *гомогенных* газовых систем - удаления вредных газовых или парообразных веществ из потока газовой смеси.

К физико-химическим методам очистки относятся следующие методы:

Абсорбционные методы очистки основаны на избирательном извлечении одного или нескольких компонентов из газовой смеси жидкими поглотителями (абсорбентами). Если процесс извлечения идет без химической реакции, то абсорбция называется *физической*. Если между извлекаемыми компонентами и поглотителем происходит химическая реакция, то абсорбция называется *химической абсорбцией*, или *хемосорбцией*;

Адсорбционные методы очистки заключаются в избирательном извлечении одного или нескольких компонентов из газовой смеси твердыми поглотителями (сорбентами). Различают физическую адсорбцию и химическую (хемосорбцию).

Термические методы очистки основаны на превращении при высокой температуре (сжигание, пиролиз) токсичных твердых частиц, капель, газов или паров в менее токсичные или безвредные газовые компоненты.

Мембранные методы – основаны на различной проницаемости мембран для компонентов очищаемой газовой смеси.

Каталитические методы очистки заключаются в химическом превращении на поверхности твердых катализаторов токсичных газовых компонентов в нетоксичные или малотоксичные.

[7, 10]

13. Сухие методы очистки газов. Характеристика пыли (химический состав, плотность, абразивность, смачиваемость, угол естественного откоса, удельное электрическое сопротивление, форма и структура, дисперсный состав, токсичность, взрывопожароопасность, адгезионная способность).

Ответ:

Сухие методы применяются, в основном, для очистки газовых выбросов от пыли, поэтому для разработки технологии очистки и подбора оборудования

необходимо знать основные свойства пылей, к которым относятся: химический состав; плотность; абразивность; угол естественного откоса; смачиваемость; удельное электрическое сопротивление; форма и структура частиц; дисперсность; токсичность; воспламеняемость и взрываемость; адгезионные свойства.

Химический состав пыли зависит от технологического процесса и по химическому составу можно определить степень токсичности и коррозионную способность пыли.

Плотность пыли - различают истинную (или физическую) плотность (масса единицы объема частиц без внутренних пор); кажущуюся (масса единицы объема, включая объем внутренних закрытых пор); объемную (масса единицы объема частиц, включая объем закрытых и открытых пор), насыпную плотность (отношение массы свеженасыпанных частиц к занимаемому ими объему с учетом газовых прослоек между частицами).

Плотность частиц имеет большое значение в эффективности работы газоочистного оборудования.

Абразивность пыли – характеризует интенсивность износа металла аппарата при одинаковых скоростях газа и концентрации пыли. (Зависит от твердости, формы, размера и плотности частиц. Учитывают при выборе скорости газа, толщины стенок аппарата и облицовки).

Угол естественного откоса пыли - угол между основанием свободно сформированного конуса сыпучего материала и образующей. Необходим при конструировании и выборе бункеров .

Смачиваемость – способность к смачиванию. Чем меньше размер частиц, тем меньше смачиваемость. Гладкие частицы смачиваются лучше, чем с шероховатой поверхностью, так как шероховатые поверхности больше покрыты абсорбированной газовой оболочкой, затрудняющей смачивание.

По способности к смачиванию все твердые вещества подразделяются на *гидрофильные* – хорошо смачиваемые (силикатные материалы); *гидрофобные* – плохо смачиваемые (графит, уголь) и *абсолютно гидрофобные* (парафин, битум).

Удельное электрическое сопротивление пыли (R) – при выборе аппарата имеет большое значение. Пыли в зависимости от величины R подразделяются: 1) на пыли с $R < 10^4$ Ом см. – при осаждении на электроде мгновенно разряжаются, что приводит к вторичному уносу пыли;

2) пыли с $R = 10^4 - 10^{10}$ – хорошо улавливаются на электрофилт্রে, т. к. разрядка частиц пыли происходит не сразу, а в течение времени, необходимого для накопления слоя;

3) пыли с $R = 10^{10} - 10^{13}$ Ом см – частицы этой группы образуют на электроде толстый изолирующий слой, поэтому осаждение их затруднено.

Форма и структура частиц пыли – частицы пыли могут иметь совершенно разную форму, поэтому в газоочистке понятие диаметра частиц бессмысленно и на практике в расчетах используют величину эквивалентного диаметра частицы, представляющего собой диаметр шара с объемом, равным объему частицы при одинаковой их массе. Существуют формулы для расчета эквивалентного диаметра и коэффициента сферичности. Частицы неправильной формы в пылеуловителях осаждаются хуже.

Дисперсный состав пыли – дисперсным (зерновым, гранулометрическим) составом пыли называется характеристика состава дисперсной фазы по размерам или скоростям оседания частиц.

Дисперсный состав выражается в виде таблиц, кривой или формулы распределения частиц; характеризует «тонкость» пыли. Определяется по проходу (остатку) через сито с калиброванными ячейками.

Токсичность пыли - зависит от химического состава и от размера частиц, - чем меньше, тем большей способностью проникать через органы дыхания обладает пыль (наибольшую опасность представляют туманы).

Взрывопожароопасность пыли – зависит от размеров частиц и пористости, - чем мельче и более пористые частицы пыли, тем большая удельная поверхность их и больше поверхность соприкосновения с O_2 воздуха и соответственно химическая активность.

Адгезионная способность частиц – свойства частиц к налипанию на поверхности оборудования и между собой. По слипаемости пыли делятся на 4 группы. Со слипаемостью связана другая характеристика пыли - *сыпучесть*, которая определяется по *углу естественного откоса* и который принимает свеженасыпанная пыль. Высокая адгезия частиц и высокая слипаемость может привести к забивке аппаратов.

[7, 8, 10]

14. Основное оборудование для сухих методов очистки выбросов.

Определение коэффициента пылеулавливания.

Ответ:

По принципу действия применяется следующее основное оборудование для сухих методов очистки газовых выбросов:

- пылесадительные камеры (горизонтальные, вертикальные);
- инерционные пылеуловители (с центральным, с боковым подводом газа; с перегородкой);
- центробежные пылеуловители (циклоны);
- фильтрующие пылеуловители (фильтры с насыпным слоем; фильтры с жесткими перегородками, рукавные фильтры);
- электрофильтры.

Степень или коэффициент пылеулавливания (К) можно определить по следующей зависимости:

$$K = \frac{C_{\text{ВХ}} Q_{\text{ВХ}} - C_{\text{ВЫХ}} Q_{\text{ВЫХ}}}{C_{\text{ВХ}} Q_{\text{ВХ}}} \cdot 100,$$

где: C , Q – средние концентрации частиц (C) и количества газов (Q) на входе в аппарат и выходе из него.

Если нет подсоса воздуха или утечек газа из аппарата, то $Q_{\text{ВХ}} = Q_{\text{ВЫХ}}$; в таком случае :

$$K = 1 - C_{\text{вых}}/C_{\text{вх}} \cdot 100$$

[7, 8, 10]

15. Типы пылеосадительных камер. Основные преимущества и недостатки.

Ответ:

Пылеосадительные камеры являются простейшими устройствами для очистки выбросов от взвешенных частиц за счет гравитационных сил; эффективность очистки зависит от времени нахождения в камере, которое в свою очередь, зависит от скорости потока (для обеспечения достаточной эффективности скорость газа в камере не должна превышать 3 м/с). Основным условием нормальной работы камеры является:

время осаждения частицы в камере \leq время движения частицы с потоком через камеру.

К простейшим пылеосадительным камерам относятся *горизонтальные камеры* с горизонтальным подводом и выходом газа, в которых вертикально на дно выпадает пыль. Данные камеры могут быть с вертикальными перегородками, с проволочной или цепной завесой.

С целью экономии производственных площадей используют *вертикальные* пылеосадительные камеры, в которых газ обычно подводится снизу, пыль отбивается от отражательного щита (наклонных плит, отражательного конуса, полок) и выводится снизу или сбоку.

Иногда применяется *многополочная* пылеосадительная камера, в которой газ подводится сверху, проходит снизу вверх ряд горизонтально расположенных полок, на которых оседают частицы пыли.

Преимуществом пылеосадительных камер является простота конструкции и обслуживания.

Недостаток – невысокая эффективность очистки и большие размеры камер.

[7, 8, 10]

16. Принцип действия и типы инерционных пылеуловителей. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Принцип действия инерционных пылеуловителей основан на изменении скорости потока по величине и направлению, в результате чего происходит осаждение частиц. Изменение направления скорости потока достигается благодаря установке в пылеуловителе перегородок.

Существуют различные конструкции инерционных пылеуловителей: с центральным подводом газа; с боковым подводом; с отражательной перегородкой; пылесадитель, встраиваемый в газоход; пылеуловитель с V-образными отражательными перегородками и др. конструкции.

Разновидностью инерционных пылеуловителей являются *жалюзийные* пылеуловители, принцип действия которых основан на резком (около 150°) изменении направления узких струек *газового* потока, проходящих между зазорами лопастей жалюзей.

В теплоэнергетике широко применяется жалюзийный золоуловитель для очистки дымовых газов от золы.

Преимуществом инерционных пылеуловителей по сравнению с камерами является компактность.

Недостаток инерционных пылеуловителей - в возможности их применения только для очистки газов от частиц крупного фракционного состава и неэффективное улавливание мелких частиц.

[7, 8, 10]

17. Центробежные пылеуловители (циклоны). Преимущества и недостатки.

Ответ:

Центробежные пылеуловители (циклоны - одиночные, групповые и батарейные) - принцип действия данных аппаратов основан, как и в ротационных

пылеуловителях, на создании вращательного движения газового потока и осаждения взвешенных частиц за счет возникающей центробежной силы. Но в ротационных пылеуловителях центробежная сила возникает при вращении рабочего колеса (ротора), а в циклонах за счет вращения самого газового потока, вводимого в циклон через тангенциальный патрубок.

Наибольшее распространение получили циклоны с изменением основного направления потока газа, - так называемые *возвратно-поточные* циклоны.

Принцип действия возвратно-поточных циклонов следующий:

Газовый поток нагнетается с высокой скоростью в циклон через патрубок, расположенный тангенциально вверху циклона. Далее поток, закручиваясь по периметру циклона, отбрасывается под действием центробежной силы к стенкам аппарата и движется вниз, к конусной части. Твердые частицы отбрасываются к стенкам и падают в конус, а осветленный газовый поток движется от конуса снизу вверх по центру и попадает в коаксиальную трубу, расположенную в центре и далее выводится из циклона. Пыль из конусной части циклона, где концентрируется, выгружается в расположенный снизу под циклоном приемный бункер. В приемном бункере пыль дополнительно концентрируется, так как бункер и циклон герметизированы.

Вследствие винтообразного вращения потока газа сверху вниз, давление у стенок циклона создается выше, чем в центре.

Применяются *батареиные циклоны*, - составленные из большого количества параллельно установленных циклонных элементов, объединенных в одном корпусе и имеющие следующие общие узлы: подводный, отводящий трубопроводы; приемный бункер; корпус.

В одном аппарате (батарее), может насчитываться до 792 циклонных элементов.

Эффективность очистки от частиц пыли $d = 20$ мкм в циклонах может достигать 95 %.

Эффективность очистки в циклонах с уменьшением диаметра аппарата снижается.

Вихревые пылеуловители – по принципу действия и основной конструкции аналогичны циклонам,- отличие заключается в дополнительном закручивающем устройстве.

Поток очищаемого газа с высокой скоростью нагнетается в аппарат через закручивающее лопаточное устройство, под воздействием центробежных сил взвешенные частицы пыли отбрасываются к стенкам и далее - вниз в бункер.

Преимуществом циклонов является высокая эффективность очистки газов (до 95%).

К недостаткам циклонов следует отнести большой коэффициент гидравлического сопротивления и забивание пылью конусной части. Значительна интенсивность абразивного истирания корпуса.

[7, 10]

18. Фильтрующие пылеуловители и механизм действия при фильтрации. Рукавные фильтры. Достоинства и недостатки.

Ответ:

Процесс очистки газовых выбросов в фильтрующих пылеуловителях основан на задерживании пористым фильтрующим элементом взвешенных твердых частиц и пропускании очищенного газа. Фильтрация происходит за счет следующих механизмов: диффузионный; электростатический; инерционный; захвата или удержания.

Фильтрующие пылеуловители обеспечивают высокую степень очистки (до 99,5%) и обычно применяются в качестве последней ступени очистки.

Применяются следующие типы фильтрующих пылеуловителей:

- с гибкими фильтрующими перегородками, которые, в свою очередь, подразделяются по форме на рукавные и рулонные фильтры;
- с набивными волокнистыми перегородками;
- с жесткими фильтрующими перегородками;
- с насыпными фильтрующими элементами.

Рукавные фильтры.

Это аппараты, внутри корпуса которых подвешены рукава диаметром 100-300мм, длиной 0,5-10 м. Фильтрация обеспечивается пропусканьем газа изнутри или снаружи рукавов. Удаление накопившейся пыли производится или встряхиванием рукавов, или продувкой газом, или в сочетании.

Рукавные фильтры отличаются площадью фильтрующей поверхности, формой, диаметром, длиной рукавов, конструктивными особенностями рукавов (наличием каркаса, колец и так далее) .

Степень очистки газов в рукавных фильтрах зависит от: дисперсности пыли; качества фильтровального материала; гидравлического сопротивления, которое, в свою очередь, зависит от удельной газовой нагрузки, дисперсности пыли и диаметра пор ткани; частоты и способа регенерации ткани и пр.

Фильтровальные элементы подразделяются на каркасные и бескаркасные. В каркасных элементах газовый поток направлен снаружи рукава вовнутрь; в бескаркасных – из внутренней полости наружу. Рукава могут быть сшитыми или цельными. Длинные рукава быстрее изнашиваются за счет трения пыли, падающей вниз, но эффективнее работают при улавливании тяжелых металлических пылей.

При улавливании взрывопожароопасных пылей все электрооборудование пылеуловителей должно быть во взрывозащищенном исполнении и исключено накопление статического электричества.

В качестве фильтрующего элемента применяются следующие материалы: лавсановая ткань; фильтровальный иглопробивной войлок; фильтровальная стеклянная ткань; фильтровальное сукно; полушерстяное сукно и пр.

Условное обозначение рукавных фильтров: например, фильтр ФРКИ – 30 обозначает: Ф-фильтр; Р-рукавный; К-каркасный; И- с импульсной продувкой; 30- площадь фильтрующей поверхности, м².

Преимуществом фильтрующих пылеуловителей является высокая эффективность очистки.

Основной недостаток – быстрое забивание пылью пор фильтрующего элемента.

19. Фильтры с жесткими перегородками, с насыпным слоем, электрофильтры. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Фильтры с жесткими перегородками

Для тонкой очистки газов при высокой температуре и давлении в химической, фармацевтической промышленности, очистки сжатого воздуха от твердых частиц и масла в компрессорных установках применяются фильтры с жесткими перегородками, выполненные из керамики, прессованного металлопорошка, металлических сеток.

Недостатками указанных фильтров являются: трудность регенерации набившейся в поры мелкодисперсной фазы; большое гидравлическое сопротивление; небольшой срок эксплуатации; высокая стоимость.

Фильтры с насыпным слоем.

В качестве фильтрующего слоя используется: гравий; крупнофракционный песок; кокс; шлак; керамические кольца и пр. Фильтрующий слой может быть подвижным (псевдоожиженный слой) и неподвижным.

Достоинством фильтров является возможность их использования в горячих и агрессивных средах. Недостатки: быстрое забивание пылью и трудность регенерации; истирание фильтрующего материала в псевдоожиженном состоянии и в результате этого – вторичное загрязнение фильтрата; т. к. скорости фильтрации небольшие, то фильтры занимают большие площади.

Электрофильтры.

Принцип работы электрофильтров заключается в следующем: очищаемый газ проходит через электрическое поле, создаваемое постоянным током между коронирующим и осадительным электродами. Под действием сил электрического поля твердые взвешенные частицы газового потока приобретают определенный заряд и движутся к электродам, осаждаясь на них. Большая часть наэлектризованных взвешенных частиц осаждается на развитой поверхности

осадительных электродов, меньшая часть – на коронирующих электродах. Накопившиеся электроды удаляются встряхиванием или промыванием.

Основным фактором, определяющим эффективность очистки в электрофильтрах, является напряжение, создаваемое между электродами электрофильтра, но, кроме того, имеют значение физические свойства пыли (размер, проводимость, диэлектрическая проводимость и др.) и параметры фильтра (время пребывания газа в межэлектродном пространстве, температура, химический состав газа и пыли, режим удаления пыли с электродов).

Особое значение для эффективности очистки в электрофильтрах имеет удельное электрическое сопротивление (R) слоя пыли, образующегося на осадительных электродах, от которого в свою очередь зависит время разрядки. Все пыли в зависимости от значения R можно разделить на 3 категории:

- $R < 10^4$ Ом*м – низкоомные пыли- время разрядки малое- частицы быстро перезаряжаются и будут уноситься с газовым потоком;
- $R = 10^4 - 10^{10}$ Ом* м – время разряда оптимально; частицы не уносятся с потоком и попадают в бункер;
- $R > 10^{10}$ Ом*м – высокоомные пыли – возникает мощный обратный коронный разряд и пробой- эффективность электрофильтра резко снижается. В результате пробоя в слое пыли на осадительных электродах образуется канал, который заполнен положительными ионами,двигающимися в сторону коронирующих электродов и которые нейтрализуют отрицательный заряд частиц. (Обычно на коронирующий электрод подают отрицательное напряжение постоянного тока, так как при отрицательном напряжении на короне пробой наступает при более высоком напряжении).

Преимущества электрофильтров: очистка любых размеров частиц, даже на микроуровне, причем с высокой степенью очистки – около 99%; возможность применения при высоких (до 400-450°C) температурах, в коррозионных средах, при высоких давлениях; низкие эксплуатационные затраты.

Недостатки: большие капитальные затраты на строительство, монтаж повысительно-выпрямительной подстанции; чувствительность установки к

отклонениям в технологическом режиме; невозможность применения для очистки взрывопожароопасных смесей ввиду электроразряда.

[7, 10]

20. Мокрые методы очистки газовых выбросов. Типы мокрых пылегазоуловителей. Преимущества и недостатки пылегазоуловителей.

Ответ:

Мокрые методы очистки газов основаны на контактном физическом процессе захвата механических примесей жидкостью и последующем уносе их во взвешенном состоянии. Но очистку газов жидкостью нельзя рассматривать только как механический процесс, т. к. при контакте некоторых растворимых в воде компонентов газовых выбросов, например, сернистого ангидрида (SO_2), диоксида углерода (CO_2), диоксида азота (NO_2), происходит *реакция гидратации* с образованием соответствующих кислот (в данном случае - сернистой, угольной, азотной кислот).

Поэтому, мокрые методы очистки позволяют выделить из выбросов в атмосферу не только *твердую, но и газовую фазу*. Это является главным преимуществом мокрой очистки и наряду с возможностью очистки взрывопожароопасных газов, позволяет широко использовать данный метод для очистки выбросов в промышленности, в том числе, в химической и нефтеперерабатывающей.

Однако, (как это часто возникает в вопросах комплексной очистки отходов) преимущество высокой эффективности и универсальности мокрой очистки газов, вызывает другую экологическую проблему - появлением промывных сточных вод с высокой концентрацией взвешенных частиц (шлама), повышенной кислотностью и присутствием растворенных неорганических, органических ингредиентов в стоках. Состав и концентрация ЗВ в промывных водах после мокрой очистки газов в каждом конкретном случае зависит, прежде всего, от состава и концентрации компонентов в исходном газе, но в любом случае, токсичность образовавшихся сточных вод не позволяет их сбрасывать в водоем без соответствующей механической и биологической очистки.

Кроме того, к недостаткам следует отнести: необходимость антикоррозионной обработки оборудования, соприкасающегося с жидкостной агрессивной средой; при охлаждении очищаемых газов ниже точки росы и при уносе твердых частиц, происходит забивка трубопроводов, арматуры в системе.

В зависимости от способа контакта газовой, жидкой фаз и соответствующего оборудования внутри мокрых пылегазоуловителей, обеспечивающего данный контакт, аппараты для мокрой очистки подразделяются на следующие группы:

1) полые газопромыватели (промывные камеры, оросительные устройства, полые и форсуночные скрубберы); 2) насадочные скрубберы; 3) тарельчатые аппараты (барботажные, пенные); 4) газопромыватели с подвижной насадкой; 5) аппараты ударно-инерционного действия; 6) аппараты центробежного действия; 7) механические газопромыватели (механические и динамические скрубберы); 8) скоростные газопромыватели (скрубберы Вентури, эжекторные скрубберы).

В мокрых газопылепромывателях для распыления жидкости с целью увеличения массообмена между газом и жидкостью и, соответственно, увеличения эффективности очистки, применяются различной конструкции форсунки, которые подразделяются на три основные группы: механического, электрического и пневматического действия. Наиболее широко применяются механические форсунки, которые бывают: струйные; струйно-ударные; с внешним соударением струй; центробежные; центробежно-струйные.

Форсунки не следует путать с оросителями, которые применяются в насадочных скрубберах и тарельчатых аппаратах. Функция форсунок – максимальное распыление жидкости с целью создания максимального контакта фаз (максимальный массообмен); функция оросителей – равномерное распределение жидкости по сечению аппарата.

[7, 10]

21. Полые газопромыватели. Орошаемые газоходы. Форсуночные скрубберы. Тарельчатые (пенные) газопромыватели. Ударно-инерционные

газопромыватели. Центробежные газопромыватели. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Полые газопромыватели.

Принцип работы полых газопромывателей основан на пропускании очищаемых газов через распыленную форсунками жидкость, которая захватывает взвешенные частицы газа, частично гидролизует растворимые ЗВ и уходит в виде сточных вод (шлама) из аппарата.

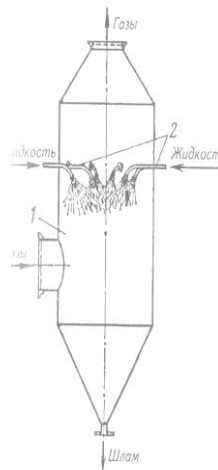


Рис.1 Полый форсуночный скруббер

Орошаемые газоходы.

Наиболее простой конструкцией полого газопромывателя является орошаемый газоход, представляющий собой газоход (трубу), соединенную с дымовой трубой. Внутри газохода и дымовой трубы смонтированы форсунки, через которые под давлением подается оросительная жидкость. Для избежания уноса жидкости с газом, скорость газа в газоходе и дымовой трубе принимается не более 3м/с и устанавливаются каплеотбойники.

Промывные камеры.

Представляют собой корпус прямоугольного или круглого сечения внутри которого пропускается очищаемый газ. Газ омывается жидкостью, в конце промывной камеры находится брызгоуловитель. Размеры камеры обусловлены максимальной скоростью газа (1.5-2.5 м/с) и минимальным временем пребывания газа в камере (не менее 3сек.).

Полые форсуночные скрубберы.

. Насадочные газопромыватели.

Представляют собой колонну вертикального (может быть горизонтального) типа, на опорной решетке которой уложена насадка и снизу через насадку нагнетается газ, сверху противотоком подается жидкость. Насадка скруббера при

очистке только от пыли быстро забивается, поэтому, обычно эти скруббера применяются для очистки газа от ЗВ и для охлаждения. В качестве насадки применяются кольца Рашига и другие виды насадок.

Иногда применяются газопромыватели с *подвижной шаровой насадкой*. В этом случае, сверху находящейся на опорной плите насадки монтируется ограничительная решетка во избежание уноса потоком насадки. Удельный вес (плотность) шаровой насадки не должен превышать плотность жидкости. Материалом насадки могут быть пластмасса, пористая резина.

Тарельчатые (пенные) газопромыватели.

Принцип работы аналогичен работе насадочных газопромывателей, только отличие в насадочном устройстве – в тарельчатых аппаратах основной гидродинамический процесс происходит на тарелках различной конструкции. Для обеспечения максимальной производительности аппаратов увеличивают скорость прохождения газового потока свыше 2 м/с, при которой интенсифицируется взаимодействие газа и жидкости, сопровождающееся турбулентностью. Поэтому часто аппараты называют *пенными*.

Существуют тарелки различной конструкции: провальные тарелки (применяется два типа провальных тарелок: дырчатые и щелевые); переливные тарелки.

Ударно – инерционные газопромыватели.

В данных аппаратах контакт газа с жидкостью происходит за счет удара газового потока о поверхность жидкости с последующим отделением фаз в сепараторе. Отличительной особенностью данных аппаратов является полная неподвижность жидкости. Конструктивно аппарат представляет собой вертикальную колонну на дне которой находится слой жидкости; сверху колонны через сопло Вентури с большой скоростью и перпендикулярно поверхности жидкости на дне, подается очищаемый газ. При ударе о жидкость газ меняет на 180° направление движения, гасится скорость и за счет этого происходит выделение из газового потока взвеси, растворение химических ингредиентов. Газ с частицами захваченной жидкости отводится на сепарацию фаз через боковой патрубок, расположенный вверху колонны.

Центробежные газопромыватели.

Принцип работы центробежных газопромывателей заключается в контакте закрученного по спирали газового потока и подаваемой через форсунки жидкости. За счет создаваемой центробежной силы, частицы взвеси отбрасываются к стенкам аппарата, где смываются стекающей по стенкам жидкостью и далее в виде шлама направляются на очистку. Кроме того, часть взвеси и растворимых в жидкости органических, минеральных ЗВ, отделяется из газового потока за счет распыленной через форсунки жидкости.

[7, 10]

22. Очистка газовых выбросов абсорбцией. Поверхностные абсорберы – с горизонтальным зеркалом жидкости; пленочные абсорберы (трубчатые абсорберы; пластинчатые абсорберы; абсорберы с восходящим потоком пленки); абсорберы с неподвижной насадкой; механические пленочные абсорберы. Преимущества и недостатки каждого типа абсорбера.

Ответ:

Поверхностные абсорберы.

Абсорбция газов - объемное поглощение газа жидкостью (абсорбентом), приводящее к образованию раствора. Каждый абсорбент (например, вода, метанол, растворы этаноламинов, кислот, щелочей) способен поглощать в заметных количествах лишь определенные вещества. Различают физическую абсорбцию, когда абсорбент инертен по отношению к газу, химическую (хемосорбция), - когда абсорбент вступает в хим. реакцию с поглощаемым газом.

К поверхностным абсорберам относятся аппараты, у которых контакт между абсорбентом и газом происходит на неподвижной фиксированной поверхности. Поверхностные абсорберы подразделяются на следующие типы:

- 1) поверхностные абсорберы с горизонтальным зеркалом жидкости;
- 2) пленочные абсорберы;
- 3) абсорберы с неподвижной насадкой;
- 4) механические пленочные абсорберы.

Принцип действия *поверхностных* абсорберов заключается в контакте газовой и жидкостной фаз на поверхности находящейся в абсорбере жидкости. Зеркало жидкости является поверхностью массообмена и, поэтому, эффективность абсорбции обусловлена в определяющей степени площадью поверхности жидкости в аппарате. Обычно жидкость и газ в абсорбере движутся противотоком. Данные абсорберы ввиду невысокой эффективности применяются на небольших объемах газов и для абсорбции хорошо растворимых компонентов.

В *пленочных* абсорберах массообмен происходит на границе текущей по трубам или пластинам жидкости и газа.

Существует 3 типа пленочных абсорберов:

- трубчатые абсорберы, в которых пленка стекает по внутренней поверхности вертикальных труб;
- пластинчатые абсорберы, в которых пленка стекает по обеим сторонам плоскости вертикальных пластин;
- абсорберы с восходящим потоком (движением) пленки (рис.2).

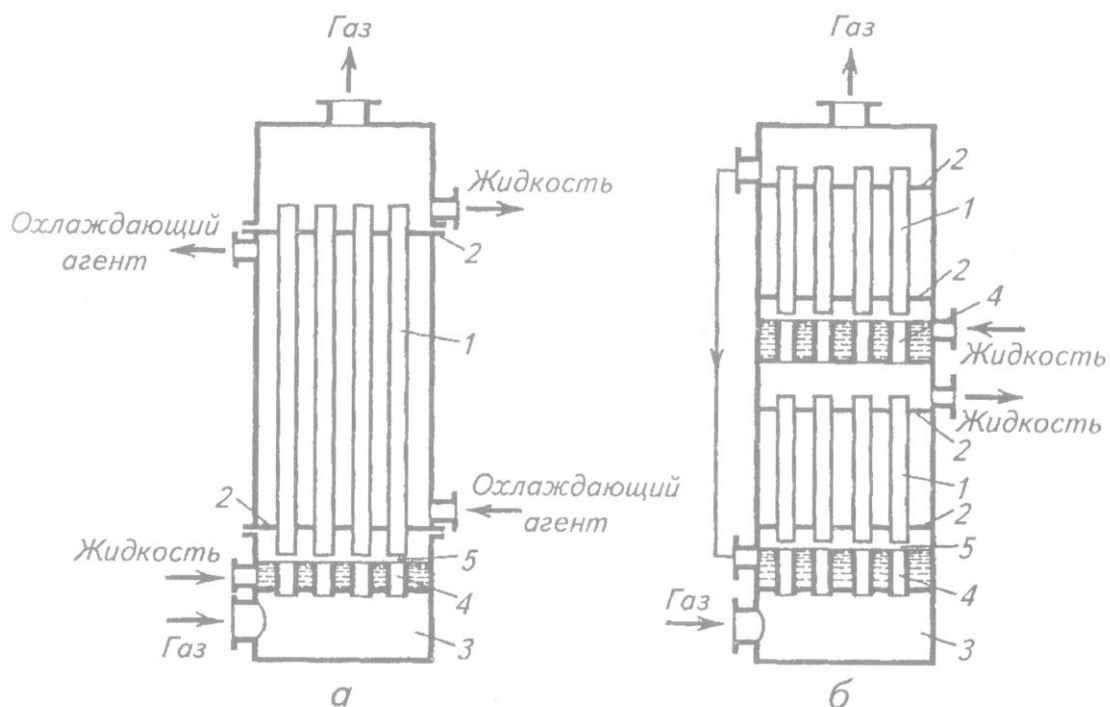


Рис. 2. Абсорберы с восходящим потоком (движением) пленки.

а – одноступенчатый; б – двухступенчатый; 1 – трубы; 2- трубные решетки; 3- камера; 4-патрубки; 5- щели

Аппараты первых двух типов пленочных абсорберов работают в противотоке с нисходящим движением жидкостной пленки; третий тип - в прямотоке с восходящим движением пленки. Трубчатые абсорберы и абсорберы с восходящим движением пленки могут применяться при одновременном отводе тепла.

Пленочные абсорберы превосходят по эффективности абсорбции поверхностные абсорберы. Наиболее широко применяются трубчатые абсорберы.

В абсорберах с восходящим движением пленки процесс ведут при высоких скоростях газа (до 40м/с) для достижения более высокого коэффициента массопередачи.

[7, 10]

23. Насадочные абсорберы. Барботажные абсорберы. Абсорберы с неподвижной и подвижной насадкой. Тарельчатые абсорберы. Типы тарелок: по способу передачи жидкости; по характеру взаимодействия фаз; по конструкции ввода газа в жидкость. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Насадочные абсорберы можно рассматривать как разновидность пленочных абсорберов, так как в обоих случаях массообмен происходит на границе пленки и газа (пленочный процесс), но в пленочных абсорберах площадь пленки ограничена поверхностью аппарата, а в насадочных значительно превосходит поверхность и, кроме того, в насадочных - пленка разрушается после истечения с поверхности каждого отдельного насадочного элемента и образуется вновь на следующем элементе. Поэтому, насадочные абсорберы работают не в чисто пленочном режиме, а в присутствии барботажа.

Насадочные абсорберы работают обычно в противотоке. Насадкой могут быть кольца Рашига, кольца с перегородкой и другие типы насадок.

Принцип действия *механических пленочных абсорберов* основан на создании пленки на поверхности вращающегося в жидкости барабана с насаженными на валу барабана дисками. Барабан погружен в жидкость наполовину и вращается с окружной скоростью 0,2-0,3 м/с. При выходе дисков барабана из жидкости на поверхности дисков с двух сторон образуется пленка, на поверхности которой происходит массообмен между жидкостью и газом.

Недостатком пленочных абсорберов является низкая эффективность очистки, образование СВ. Недостаток насадочных абсорберов заключается в сложности ремонта и замены насадок, образование СВ.

Барботажные абсорберы.

Пленочные абсорберы не получили широкого применения в промышленности по причине невысокого коэффициента массопередачи. Более развитая поверхность фазового контакта между жидкостью и газом у барботажных абсорберов; поверхность контакта обуславливается поверхностью пены.

Барботажные абсорберы подразделяются на:

- 1) абсорберы с неподвижной (стационарной) насадкой;
- 2) абсорберы с подвижной насадкой;
- 3) тарельчатые абсорберы.

Конструкция абсорберов с *неподвижной насадкой* могут быть различной. В режиме барботажа во всем объеме насадки аппарата формируется пена с большой поверхностью контакта фаз.

Абсорберы с неподвижной насадкой часто применяются двух видов: цельносварные и царговые колонного типа диаметром 400-2800мм.

В промышленности широкое применение получили *тарельчатые абсорберы* колонного типа. В данных аппаратах поверхность межфазового контакта формируется на контактных (массообменных) тарелках, поэтому конструкция тарелок определяет эффективность массопередачи. В настоящее время разработано огромное количество конструкций тарелок, но в практике используется ограниченное их количество.

Тарельчатые контактные устройства (далее - тарелки) можно классифицировать по множеству признаков; например, по способу передачи жидкости тарелки подразделяют на *тарелки с перетоком* и *провальные тарелки* (без перетока).

В тарелках с перетоком жидкость перетекает с тарелки на тарелку по специальным каналам (газ по этим каналам не проходит). На провальных тарелках нет переливных устройств и жидкость проходит (проваливается) через прорези (отверстия) в тарелках. Причем прорези поочередно пропускают или пар или жидкость.

По характеру взаимодействия фаз различают тарелки *барботажного* и *струйного* типа.

На барботажных тарелках сплошной фазой является жидкость, а дисперсной - газ. На струйных тарелках – наоборот, дисперсной фазой является жидкость, а сплошной – газ.

В зависимости от конструкции устройства ввода газа в жидкость, различают тарелки клапанные, колпачковые, ситчатые, решетчатые, с прямоточно-скоростными контактными элементами и др. одни из них могут работать только в барботажном режиме (колпачковые), другие - только в струйном (язычковые), третьи - и в том, и в другом - клапанные. В химической и нефтехимической отраслях распространены барботажные и струйные тарелки с переливами.

Основным недостатком всех барботажных абсорберов является сложность конструкции, трудность ремонта и образование большого количества СВ.

[7, 10]

24. Распыливающие абсорберы. Форсуночные распыливающие абсорберы. Скоростные прямоточные распыливающие абсорберы. Абсорберы с механическим распылением жидкости. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Распыливающие абсорберы

В зависимости от способа распыления жидкости распыливающие абсорберы разделяются на следующие три группы:

- 1) полые (форсуночные) распыливающие абсорберы, в которых жидкость подается (распыляется) форсунками навстречу (или под углом) газу;
- 2) скоростные прямоточные распыливающие абсорберы, в которых распыление жидкости происходит за счет кинетической энергии газа;
- 3) абсорберы с механическим распылением жидкости.

Полые распыливающие абсорберы выполняются в виде полых колонн, в которых газ движется снизу вверх, а жидкость подается через форсунки сверху вниз.

Иногда, особенно при большой высоте колонны, форсунки монтируют в несколько рядов.

Недостатком полых распыливающих абсорберов является: а) необходимость создания дополнительного давления насосами для прокачки и распыления жидкости; б) невысокая эффективность очистки от труднорастворимых компонентов; в) необходимость очистки сточных вод, образующихся в процессе.

В скоростных прямоточных распыливающих абсорберах газ подается с большой скоростью (20-30 м/с и более) и вся жидкость, которая подается прямотоком, уносится вместе с газом. Требуется отделение газа от жидкости в специальных сепараторах.

Скоростные распыливающие прямоточные абсорберы можно условно разбить на 3 группы. К первой группе относятся аппараты, в которых жидкость подают в конфузоре, далее смешивается в диффузоре с газом (газ с большой скоростью также подается в конфузоре) и газожидкостная смесь поступает в сепаратор. Данные

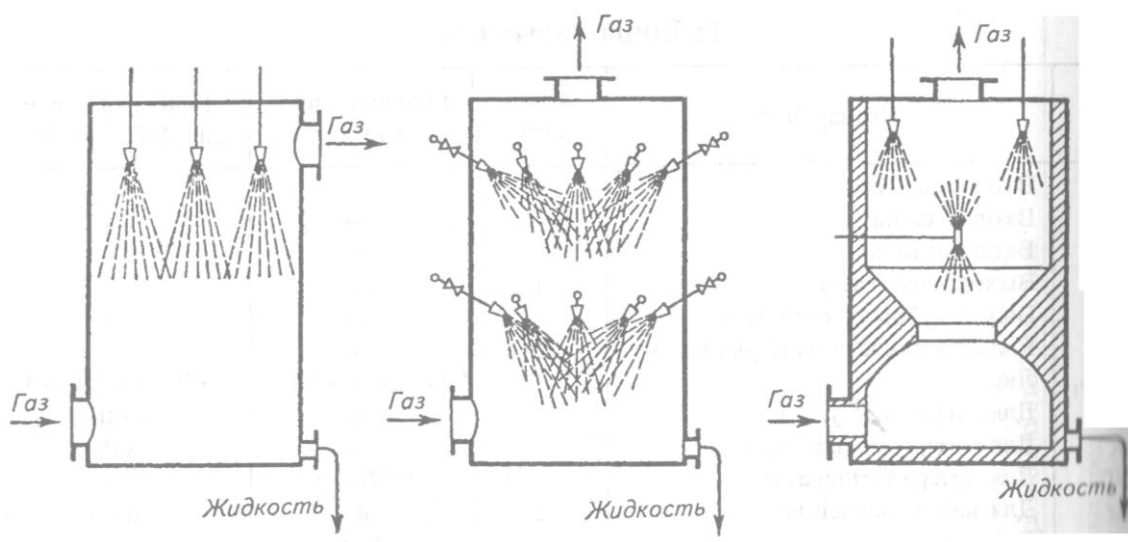


Рис.3. Полые распыливающие абсорберы

абсорберы называются абсорберами Вентури

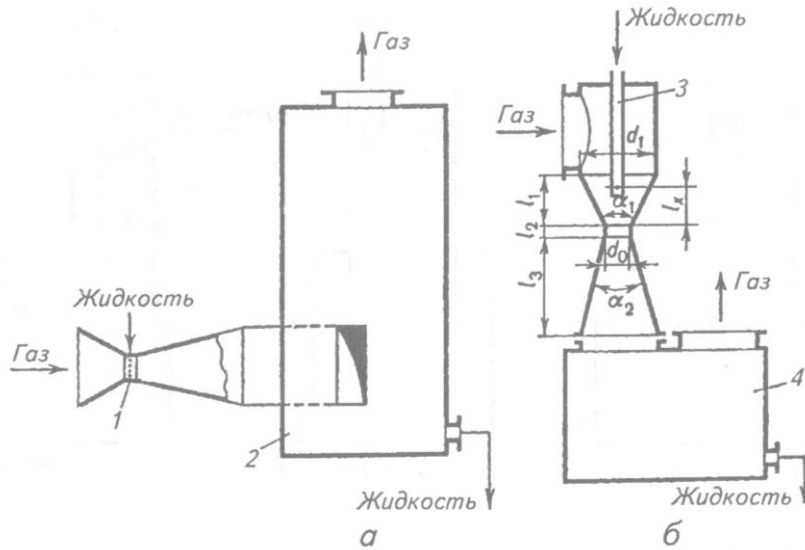


Рис. 4. Форсуночные абсорберы Вентури:

а - с периферийным вводом жидкости; б- с центральным вводом жидкости; 1 – горловина с отверстиями; 2 –циклон; 3- сопло; 4 -бак

Ко второй группе скоростных абсорберов относятся аппараты, в которых жидкость из бака эжектируется в конфузор поступающим в него газом. Эти аппараты называются бесфорсуночными абсорберами Вентури.

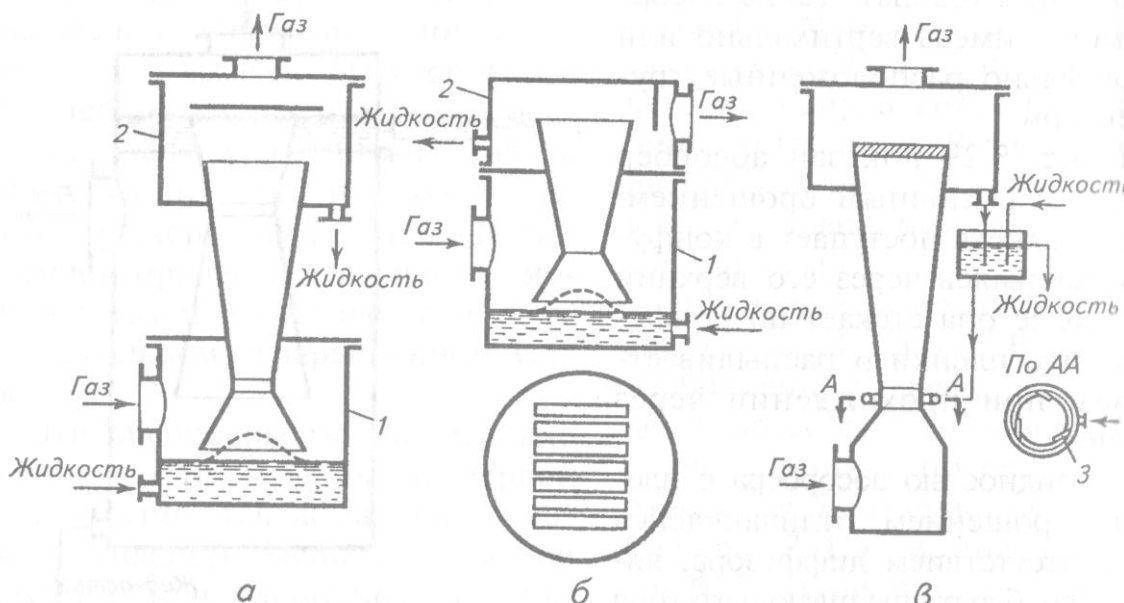


Рис. 5. Бесфорсуночный абсорбер Вентури:

а – с одной трубой; б- с несколькими трубами; в – «Аэромикс»; 1 –бак; 2 – сепаратор; 3 – сопло.

К третьей группе аппаратов относятся абсорберы, в которых распыление происходит при ударе движущегося с большой скоростью газа о поверхность жидкости.

Действие механического абсорбера основано на вращении вала с закрепленными на нем конусами (или пластинами). Нижняя часть конусов погружена в жидкость; при вращении конуса захватывают жидкость и распыляют ее в объеме газа.

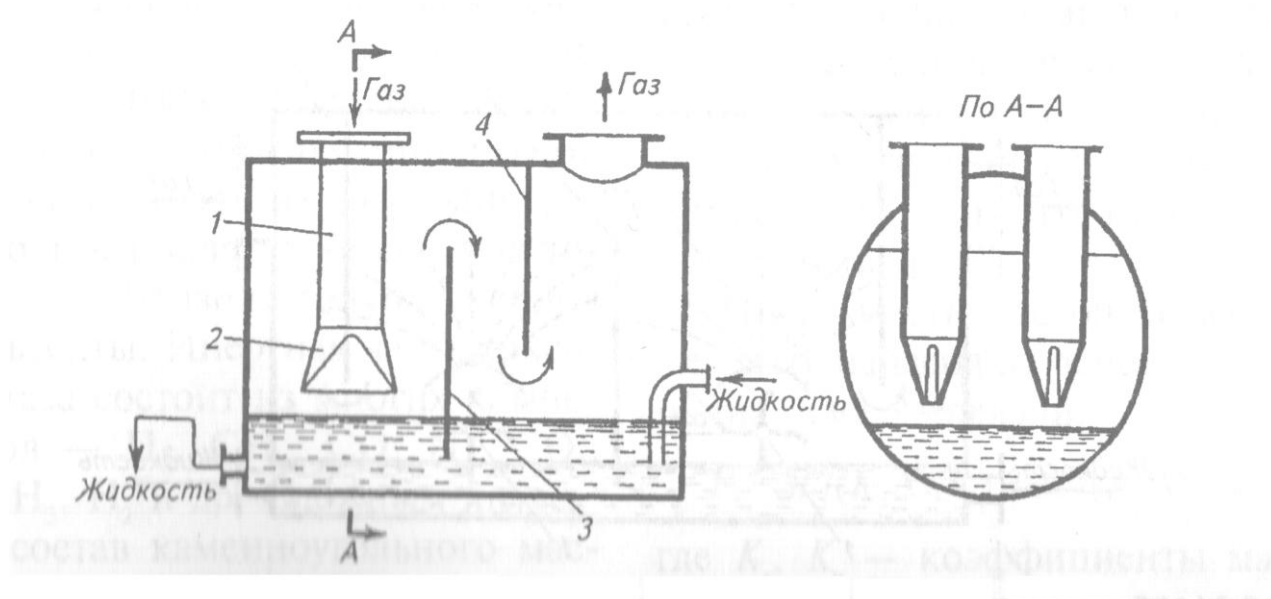


Рис.6. Скруббер Дойля.

Достоинством скоростных абсорберов и абсорберов с механическим распылением жидкости является компактность. Недостаток заключается в сложности разделения газа и жидкости на выходе и в необходимости очистки сточных вод после абсорбции.

[7, 10]

25. Очистка газовых выбросов адсорбцией. Виды адсорбции. Основные типы адсорбентов.

Ответ:

Адсорбция - концентрирование вещества (адсорбата) из объема фаз на поверхности раздела между ними, (в данном случае, из газа) на поверхности или в объеме микропористого твердого тела (адсорбента) или на поверхности жидкости. Различают физическую адсорбцию (физическая адсорбция – результат проявления дисперсных сил и сил электростатического характера) и химическую – хемосорбцию

Методы очистки газовых выбросов адсорбцией применимы для очистки газов с невысокой концентрацией ЗВ, но преимуществом их является возможность работы при высоких температурах.

Требования к адсорбентам: 1) иметь большую адсорбционную способность - адсорбировать большие количества ЗВ при их небольшой концентрации в газе; 2) иметь высокую селективность; 3) быть химически инертными по отношению к поглощаемым ЗВ; 4) быть механически прочными; 5) обладать способностью к регенерации; 6) иметь невысокую стоимость.

[7, 10]

26. Характеристика адсорбентов. Активированные угли. Активированные углеродные волокна. Силикагели. Алюмогели. Цеолиты. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Наиболее широкое распространение получили следующие адсорбенты: активированные угли; силикагели; алюмогели; цеолиты (или молекулярные сита), отличающиеся сорбционной способностью, плотностью и размерами гранул.

Различают *истинную, насыпную и кажущуюся* плотность.

Истинная плотность – масса единицы объема адсорбента без учета пор.

Насыпная плотность- масса единицы объема адсорбента, включая поры.

Кажущаяся плотность- масса единицы объема.

Адсорбенты имеют *макропоры, переходные поры, микропоры*.

Макропоры имеют средние размеры более 10^{-7} м и удельную поверхность (поверхность, отнесенную к единице массы адсорбента) $0,5-2,0 \text{ м}^2/\text{г}$. Небольшая величина удельной поверхности свидетельствует о том, что макропоры не имеют значительного влияния в величине адсорбции, но они являются транспортными каналами, по которым адсорбируемые молекулы проникают внутрь гранул адсорбента.

Переходные поры имеют размеры (эффективные радиусы) – $(1,5-1,6) 10^{-9} - 10^{-7}$ м, что значительно превышает размеры обычно адсорбируемых молекул. Удельные поверхности переходных пор могут достигать $400 \text{ м}^2/\text{г}$. При достаточно высоком парциальном давлении пара или газа переходные поры заполняются полностью.

Микропоры имеют размеры соизмеримые с размерами адсорбируемых молекул. Энергия адсорбции в микропорах значительно выше, чем при адсорбции в переходных порах и макропорах, поэтому резко увеличивается адсорбционная способность в области малых концентраций.

Активированные угли - пористые углеродные адсорбенты, имеющие поры всех размеров. По соотношению объемов различных пор различают следующие активированные угли: 1) первого структурного типа, содержащие преимущественно тонкие поры; 2) второго структурного типа, содержащие макропоры; 3) смешанного структурного типа, содержащие как микропоры, так и макропоры. Выбор типа углей зависит от цели адсорбции. Необходимо учитывать гидрофобность и горючесть углей.

Характеристика некоторых марок активных углей

Марка	Размер гранул, мм	Насыпная плотность, Кг/м ³	Предельный адсорбционный объем микропор, см ³ /г
СКТ	1,0-3,5	380-500	0,45-0,59
АГ-2	1,0-3,5	600	0,3
АГ-3	1,5-2,7	450	0,3
АГ-5	1-1,5	450	0,3
САУ	1-5	450	0,36
КАУ	1-5	400	0,33
АР-3	1,0-5,5	550	0,33
АРТ	1,0-6,0	550-600	0,33
СКТ	1,0-3,5	420-450	0,46

В промышленности широко применяются газовые и рекуперационные активированные угли.

Преимущества активированных углей:

- способны улавливать (особенно газовые угли) плохо сорбирующихся ЗВ с небольшой концентрацией;
- возможно использовать для адсорбции веществ с температурой кипения, меньше нормальной температуры.

Недостатки:

- угли горючи и обладают гидрофобными свойствами.

В последнее время стали применять активированные угли из полимерных материалов, характеризующихся высокой адсорбционной способностью малых концентраций ЗВ.

Также в последнее время стали применяться новые адсорбенты - *молекулярно-ситовые угли*, имеющие более узкие поры и способные адсорбировать малые молекулы (адсорбция происходит, в основном, за счет дисперсионных сил).

Молекулярно-ситовые угли способны сорбировать органические примеси из жидких и газовых смесей в присутствии полярных компонентов, таких как вода.

В 70-х годах разработан новый тип углеродных адсорбентов – *активированные углеродные волокна*, которые имеют следующие преимущества: 1) сочетают хорошие фильтрующие и адсорбционные свойства; 2) высокой скоростью адсорбции-десорбции; 3) позволяет создавать адсорбенты в виде лент, тканей, что облегчает аппаратное оформление.

Силикагель – синтетический минеральный адсорбент ($n \text{ SiO}_2 \cdot m \text{ H}_2\text{O}$), получается действием HCl или H_2SO_4 на раствор силиката Na или K . Силикагели – гидрофильные адсорбенты с высокой адсорбционной емкостью. Используют для осушки газов, жидкостей и адсорбции паров полярных веществ (например, метанола).

Таблица 6

Характеристики некоторых марок силикагелей

Марка	Средний радиус пор, м	Удельная поверхность, $\text{м}^2/\text{г}$	Суммарная пористость, $\text{м}^3/\text{кг}$
КСК – крупный силикагель крупнопористый, гранулированный	$4,5 \cdot 10^{-9} - 10^{-8}$	300-450	$(0,9 \div 1,1) \times 10^{-3}$
МСК – мелкий силикагель крупнопористый, кусковой	$(6,4 \div 7) \times 10^{-9}$	282-288	$(0,93 \div 0,97) \times 10^{-3}$
КСМ – крупный силикагель мелкопористый, гранулированный	$(0,8 \div 2) \times 10^{-9}$	400-750	$(0,25 \div 0,6) \times 10^{-3}$
МСМ – мелкий силикагель мелкопористый, кусковой	$(1,3 \div 1,5) \times 10^{-9}$	550-580	$0,34 \times 10^{-3}$
КСС – крупный силикагель среднепористый, гранулированный	$(1,8 \div 3,5) \times 10^{-9}$	500-650	$(0,60 \div 0,85) \times 10^{-3}$

Преимущества силикагелей:

- возможность получения силикагелей с разной пористой структурой;
- негорючи;

- возможность использования для рекуперации органических веществ и осушки газовых потоков.

Недостатки:

- плохая сорбция неполярных органических веществ.

Алюмогель- аморфный высокопористый Al_2O_3 ; не растворяется, не набухает в воде, быстро поглощает влагу (гидрофильный адсорбент). Применяется для осушки газов, очистки воды, осветления растворов в сахарном производстве, улавливания растворителей.

Преимущества алюмогелей:

- термически устойчивы:

- дешевизна и легкость получения;

- стойкость к воздействию жидкостей.

Недостатком алюмогелей является невысокая механическая прочность и быстрое истирание.

Цеолиты – алюмосиликаты, содержащие в своем составе окислы щелочных или щелочно-земельных металлов; отличаются строго регулярной структурой пор, которые в обычных температурных условиях заполнены молекулами воды. Если из цеолитов удалить воду, поры могут быть заполнены снова водой или другими веществами. Поглощение вещества происходит в адсорбционных полостях, соединяющихся друг с другом входами- окнами. Проникнуть через эти окна могут только те молекулы, критический диаметр которых (диаметр по наименьшей оси молекулы) меньше диаметра входного окна. Благодаря этому свойству цеолиты применяются в качестве молекулярных сит для разделения молекул разного размера. Природные цеолиты доступны, термо- и кислотостойки, дешевы.

Цеолиты применяются для осушки, очистки и разделения веществ. Наибольшую адсорбционную способность цеолиты имеют по отношению к веществам с кратными связями, к парам полярных веществ, применяют для осушки нейтральных газовых потоков, для адсорбции аммиака, сероводорода, сероуглерода, этана, этилена, пропилена, метана, оксида углерода и др.

Преимущества цеолитов:

- высокая селективность адсорбции природных цеолитов;
- способность адсорбировать большинство промышленных газов.

Недостатком цеолитов является низкая адсорбция углеводородов.

[7, 10]

27. Адсорберы с неподвижной насадкой. Адсорберы с движущимся и псевдооживленным слоями. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Адсорберы с неподвижной насадкой (слоем)

В данных аппаратах очищаемая газовая или паровая смесь фильтруется через неподвижный слой адсорбента со скоростью 0,1-0,5 м/с. Адсорберы с неподвижным слоем работают периодически, поэтому, необходимо иметь не менее 2-х аппаратов.

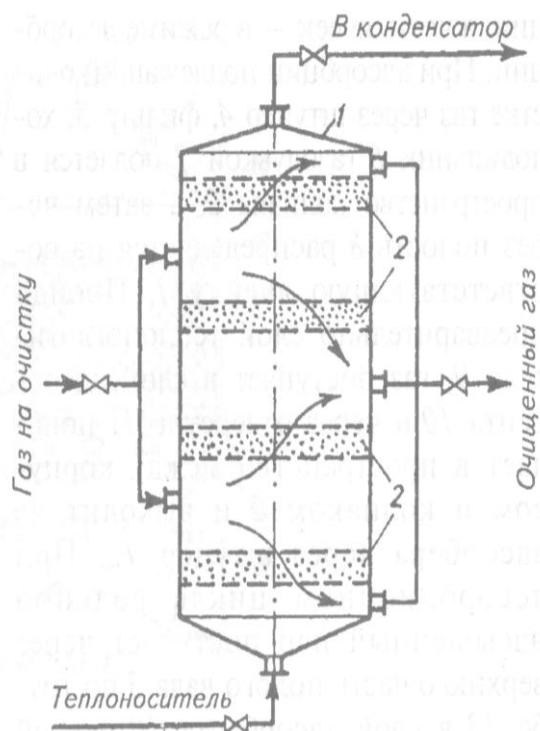


Рис.7. Адсорбер полочного многосекционного типа с неподвижными слоями адсорбента

В промышленности наибольшее распространение получили вертикальные, горизонтальные и кольцевые адсорберы.

В химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности для очистки газовых выбросов от органических веществ с последующей их рекуперацией или обезвреживанием широко применяются рекуперационные адсорберы.

В данных аппаратах десорбция органических веществ осуществляется острым водяным паром; смесь десорбированных органических веществ и воды (конденсата) может быть обезврежена или подвергнута рекуперации органических

веществ, которые используются повторно. После окончания стадии десорбции адсорбент может быть подсушен подогретым атмосферным воздухом.

Преимущества адсорберов с неподвижным слоем:

- возможность применения для адсорбции органических соединений с последующей их рекуперацией или обезвреживанием.

Недостатки:

- периодичность применения;
 - невысокие скорости газовых потоков.

Адсорберы с движущимся и псевдооживленным слоями

Необходимость обеспечения непрерывности технологического режима (например, в химической промышленности) и увеличения производительности процесса адсорбции-десорбции, привели к созданию аппаратов, совмещающих в себе адсорбцию и десорбцию. В данных аппаратах адсорбент движется навстречу газовому потоку; в верхней части аппарата (колонны) происходит поглощение адсорбентом ЗВ газовой смеси, а в нижней части – регенерация адсорбента. Скорость движения газа в данных аппаратах хотя и выше, чем в адсорберах с неподвижным слоем, но все равно ограничена скоростью начала псевдооживления.

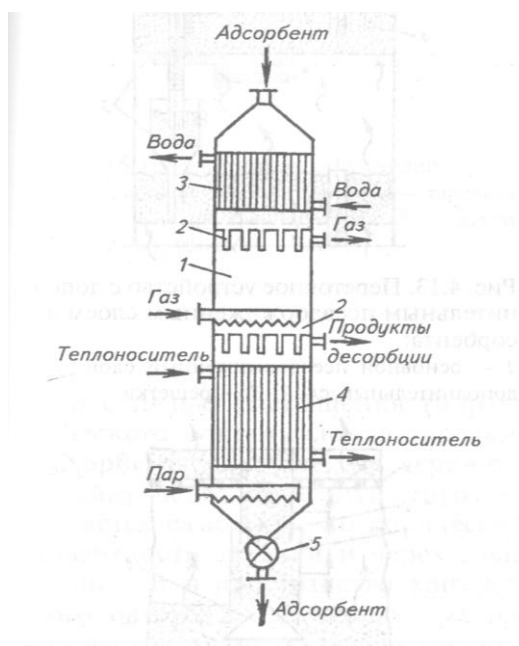


Рис. 8. Адсорбер с движущимся слоем адсорбента:

- 1- зона адсорбции ;
- 2- распределительные тарелки;
- 3 –холодильник;
- 4 – подогреватель;
- 5- затвор.

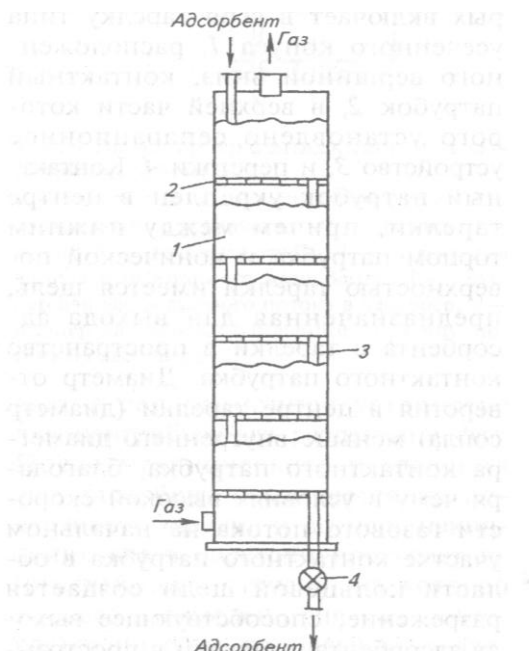


Рис. 9. Схема многоступенчатого адсорбера с псевдооживленным слоем:

- 1- псевдооживленный слой;
- 2- решетка;
- 3 –переток;
- 4 –затвор.

Поэтому, адсорберы с псевдооживленным слоем (получившие наибольшее применение) лишены указанного недостатка и позволяют увеличить скорость газового потока, что значительно интенсифицирует процесс массопередачи.

Преимущества адсорберов с движущимся и псевдооживленным слоями:

- непрерывность работы;
- высокие скорости потоков, позволяющие улучшить процесс массообмена.

Недостатки:

- значительное гидравлическое сопротивление в аппаратах;
- трудоемкость при техническом обслуживании и ремонте;
- значительное истирание адсорбента при высоких скоростях процесса.

[7, 10]

28. Термическое и каталитическое сжигание газовых выбросов. Печи прямого сжигания. Камерные печи с рекуперативными и с регенеративными теплообменниками. Преимущества и недостатки.

Ответ:

Промышленные газовые выбросы условно можно разделить на выбросы, содержащие токсичные компоненты в виде твердых включений, пыли и в виде газов, паров. Часто токсичные ЗВ содержатся одновременно и в виде твердых и в виде газообразных включений.

Кроме того, в состав газовых выбросов могут входить токсичные вещества неорганического происхождения (например, HF, HBr, HI) и органические компоненты.

К печам прямого сжигания газовых выбросов можно отнести камерные печи, которые монтируются с теплообменниками для подогрева газообразных отходов и без подогрева. При больших объемах сжигаемых отходов необходимо использовать теплоту отходящих газов для подогрева входящих отходов. Чаще всего для этого применяют рекуперативные теплообменники, в которых отдача теплоты происходит непрерывно через разделительную стенку,- применение теплообменников сокращает расход топлива, но увеличивает расходы на

теплообменник (так как теплообменник изготавливается из дорогой высоколегированной жаростойкой и коррозионностойкой стали).

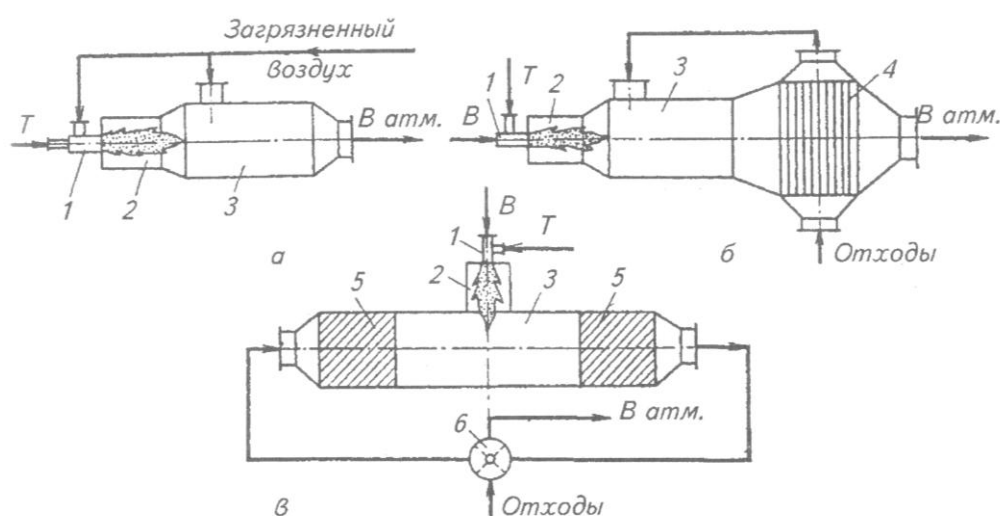


Рис. 10. Схемы реакторов огневого обезвреживания газообразных отходов

а – без теплообменника; б – с рекуперативным теплообменником; в – с регенеративным теплообменником;

1 –горелочное устройство; 2- камера сгорания топлива; 3 – камера обезвреживания отходов; 4 –рекуперативный теплообменник; 5 – регенеративный теплообменник; б- перекидной клапан; Т – топливо; В-воздух

Как альтернатива камерным печам с рекуперативными теплообменниками, применяют камерные печи с регенеративными теплообменниками, принцип работы которых заключается в том, что в печь встроены регенеративные теплообменники (чаще всего два - по одному с каждого торца печи). В качестве регенеративной насадки используют дробленые огнеупоры (например, шамот).

Значительная поверхность нагрева в регенеративной насадке обуславливает более глубокое охлаждение отходящих газов и подогрев отходов перед сжиганием. Кроме того, керамические насадки устойчивы в агрессивных средах.

Каталитические методы сжигания основаны на применении различных катализаторов, уменьшающих температуру сжигания токсичных отходов с 950-1100°С при прямом сжигании в печах до 200-300° С. В качестве катализаторов часто применяются щелочные металлы и их соединения, нанесенные на различные носители.

Преимущества термического и каталитического сжигания газов:

- минимизация образования сточных вод;
- отсутствие коррозионных сред;
- высокая степень очистки;
- возможность обезвреживания газов с небольшой концентрацией ЗВ (при каталитическом сжигании);
- возможность обеспечения устойчивого режима сгорания при изменяющихся параметрах по составу и количеству газов и обеспечения промышленной безопасности взрывопожароопасных газовых смесей при сжигании на факельных установках;
- снижение температуры сгорания до 200 – 300°С при каталитическом процессе.

Недостатки:

- возможность образования и последующего выброса в атмосферу диоксинов;
- выделение продуктов неполного окисления при изменении состава и количества сбросных газов (залповых сбросах);
- необходимость очистки сточных вод и факельных трубопроводов от побочных продуктов производства, уносимых со сбросными газами. [7, 10]

В. Сточные воды

1. Федеральные законы и подзаконные акты РФ об охране водных экосистем от воздействия неочищенных и недостаточно очищенных сточных вод.

Ответ:

Законодательство в области охраны окружающей среды основывается на Конституции РФ и включает в себя ФЗ от 10.01.2002 №7- ФЗ « Об охране окружающей среды», «Водный кодекс» от 3.06. 2006 г (в редакции ФЗ от 04.12.2006 №201 – ФЗ, от 19.06.2007 №102 – ФЗ, от 14.07.2008 №118 – ФЗ от 23.07.2008 №160 – ФЗ).

Нормативно – правовыми актами, регламентирующими требования в области охраны водных экосистем, являются:

- СанПиН 2.1.4.559.-96 «Питьевая вода и водоснабжение населенных пунктов»;
- СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»;
- СНиП 2.04.03-85 «Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения»;
- ГОСТ 1.1.5.02.-80 «Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов» (содержит требования и численные нормативы органолептических показателей, содержания кислорода и БПК, числа кишечных палочек и пр.);
- ГОСТ 17.1.2.04-77 «Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов» (содержит диапазоны содержания и величины показателей для классификации вод по сапробности и по галобности);
- ГОСТ 17.1.3.13-86 «Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения» (содержит общие положения о необходимости соблюдения нормативов состава и свойств);

- Постановление Правительства РФ от 23 июля 2007г №469 (в ред. Постановления Правительства РФ от 10.03.2009 №219) «О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей»;

- Приказ МПР РФ от 30.03.2007г №71 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства» и другие нормативно - правовые акты и нормативно – технические документы в области охраны водных экосистем.

[5, 14]

2. Резолюция третьей и четвертой Всероссийской конференции «Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики» по состоянию воды водоемов в России.

Ответ:

«В России экологически неблагоприятными признаются 2,5 млн. км или 15% территории страны, на которой проживают 2/3 населения страны, около 25% заболеваемости населения обусловлено загрязнением окружающей среды. Загрязненная вода вызывает до 80% всех известных болезней, в том числе заболеваний эндокринной, кроветворной, пищеварительной, мочеполовой систем организма человека, на 30% ускоряет процесс старения».

«Не снижается доля сброса сточных вод без какой-либо очистки, нормативную очистку проходит менее 20% загрязненных сточных вод. Вследствие этого качество воды крупных рек и их притоков продолжает находиться в диапазоне от «загрязненной» до «чрезвычайно грязной». В бассейне самой грязной крупной реки России – Волги, вдоль берегов которой расположены самые густонаселенные регионы страны, нормативной очистке подвергаются менее 10% загрязненных сточных вод. Только 1% открытых водоемов позволяет получать питьевую воду, соответствующую гигиеническим требованиям».

В Государственном докладе «О состоянии и об охране окружающей среды РФ в 2008 г.» записано: « Объем сброса СВ в поверхностные водоемы в 2008 г.

увеличился на 1.3% по сравнению с 2007 г. (52,1 км³ против 51,4 км³ в 2007 г.). К категории загрязненных отнесено 17,52 км³ СВ (33%), из которых 3,5 км³ сбрасывается без всякой очистки.

Объем нормативно – очищенных СВ в 2008 г. уменьшился до 1,9 км³ (2007 г. – 2,0 км³) и составил 10% объема СВ, требующих очистки (19,0 км³). Это является результатом перегруженности или отсутствия очистных сооружений, а также низкой эффективности очистных сооружений, ухудшения их технического состояния.

Основной объем загрязненных СВ в 2008 г. в РФ сброшен водопользователями, относящимися к теплоэнергетическому комплексу (52,9%); на долю предприятий обрабатывающей промышленности приходится 19,1%.

В РТ доля сброса загрязненных СВ к общему объему сточных вод в 2008 г. составила 80% (является одной из самых больших сбросов загрязненных СВ в России,- примечание автора). По объему сброса загрязненных СВ в поверхностные водные объекты в Приволжском федеральном округе лидирует РТ (477,1 млн.м³)». [1, 2, 3]

3. Базовые стратегии сохранения и улучшения качества природных водоемов, на которых основывается водное законодательство России.

Почему действующая в России концепция предельно – допустимого сброса (ПДС), основанная на ингредиентном контроле, не может рассматриваться как экологически обоснованная ?

Ответ:

Действующее водное законодательство России основывается на двух базовых стратегиях защиты, сохранения и улучшения качества природных водоемов. Во-первых, - это стандарты качества водной среды, построенные на принципе сохранения и улучшения, если это возможно, фонового уровня загрязнения.

Во-вторых, - это стандарты сброса сточных вод, учитывающие соблюдение предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ с целью обеспечения стандартов качества водной среды в местах отведения сточных вод.

Известно, что даже наилучшие современные сооружения очистки не могут обеспечить установленных в России норм качества сточных вод по общесанитарным и токсикологическим показателям загрязнения. Неудовлетворительна как сама концепция предельно-допустимого сброса, основанная на ингредиентном контроле, так и механизм ее реализации. Установленная плата предприятий за сброс загрязняющих веществ в пределах норм ПДС не может рассматриваться как экономический метод управления нагрузкой на водоем и представляется абсолютно необоснованной, поскольку расчет норм ПДС осуществляется, как правило, без учета экологического состояния водоема - приемника сточных вод и суммации сбросов всех водопользователей:

Действующую в настоящее время система контроля за качеством очищенной воды после БОС и в водоеме – приемнике сточных вод, основанную на концепции ПДК, не представляется возможным констатировать как экологически обоснованную по ряду объективных причин, основными из которых являются следующие.

- ежегодно около 1000 новых химических соединений поступают на рынок. По оценкам Европейской комиссии по инвентаризации химических веществ (EINECS) количество новых веществ, используемых в промышленности и быту, достигает порядка 100000 и 90% из них не имеют никакой токсикологической информации;
- несмотря на возрастающее количество применяемых химических веществ, попадающих в сточные воды, контролируются не более 40 химических показателей. Методами аналитической химии может быть определено 5-25% всех органических веществ, попадающих в сточные воды. В Российской Федерации наиболее технически оснащенные лаборатории, осуществляющие государственный экологический контроль сточных вод, могут определять (т.е. имеют технические средства измерения) около 100 гидрохимических компонентов. На самом деле определяется, как правило, не более 25 показателей загрязняющих веществ из-за высокой стоимости анализов, недостатка квалифицированных кадров по причине

низкой зарплаты, ибо зарплата работников очистных сооружений ниже зарплаты работников основных технологических цехов и т.д.;

- нормативы ПДК определяются в лабораторных условиях на изолированных популяциях тест-объектов по небольшому набору морфологических и физиологических факторов без учета их возможного взаимодействия, то есть ПДК – неаргументированная экстраполяция границ толерантности тестовых организмов в искусственно созданных условиях на естественно функционирующую биоту, где действуют десятки и сотни всевозможных факторов;

- загрязняющие вещества, попадая в коллектор, далее на очистные сооружения и после в водоем, могут трансформироваться в значительно более токсичные соединения под влиянием эффектов синергизма (усиления действия) или аддитивности (суммирования воздействия). Синергическое действие факторов сточных вод наиболее опасно как для микроорганизмов БОС, так и для водной экосистемы, и соответственно - для человека;

-норматив ПДК зачастую устанавливается на уровне 0,001мг/л и ниже, а методическое и приборное оснащение лабораторий не позволяет идентифицировать такие концентрации;

-разработку перечней ПДК для водоемов различного назначения ведут различные ведомства, несогласованность действий которых приводит к неразберихе в практическом исполнении эксплуатационниками и контроле со стороны многочисленных надзорных органов (например, на хлорорганические соединения отсутствуют рыбохозяйственные ПДК и имеются только гигиенические);

- на многие соединения, в том числе являющихся практически постоянными ингредиентами сточных вод, в России не установлены нормативы (например, на азот аммонийный, БПК_{полное}, общий органический углерод и др.);

-многие компоненты сточных вод, особенно фармацевтической, микробиологической, химической, нефтеперерабатывающей и некоторых других отраслей промышленности, потенциально мутагенны и канцерогенны. Вероятность индуцированных мутаций пропорциональна концентрациям мутагенов, но

смертельная мутация может быть вызвана и одной молекулой мутагена, изменившей структуру ДНК;

- особую опасность для биоты представляют диоксины и предшественники диоксинов, количество которых зависит от концентрации хлора в сточной воде (в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 «Канализация. Наружные сети и сооружения», пункт 6.223, доза остаточного хлора в обеззараженной воде после контакта должна быть не менее 1,5 мг/дм³). Нормативы ПДК установлены только гигиенические и не на все хлоропроизводные соединения (Установлены МУ 2.1.5.800-99 на дихлорбромметан, 2,4,6-трихлорфенол, бромформ). Особая опасность диоксинов заключается не столько в их токсичности, сколько в хроническом воздействии и отдаленных последствиях при малых дозах. Хлорорганические соединения обладают высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью. Оценка по индексу токсичности для дафний показала, что хлорированная вода является остротоксичной для этих тест- объектов;

Перечисленные причины далеко не исчерпывают не совершенство нормирования по ПДК на основании физико-химических методов анализа.

[14, 31, 35, 54]

4. Определение ПДК, НДС; их различие. Формула для расчета НДС, каким нормативно – техническим документом введена методика расчета НДС и в чем заключаются ее недостатки ?

Ответ:

Водное законодательство в РФ основывается на Водном кодексе РФ и Правилах охраны поверхностных вод от загрязнения, которые декларируют две базовые стратегии:

1) нормативы качества воды водоемов (ПДК), которые в зависимости от целевого назначения делятся на три категории: питьевого и хозяйственно - бытового назначения; рекреационного; рыбохозяйственного водопользования; (водные объекты рыбохозяйственного водопользования в свою очередь, подразделяются на 3 категории: *высшая* (нерестилища и нагул особо ценных видов рыб; *первая*

(ценные виды рыб, высокочувствительные к концентрации O_2); *вторая категория* (все остальные рыбохозяйственные водоемы).

2) нормативы сбросов, основывающихся на расчете НДС - нормативно допустимом сбросе (ранее назывался ПДС – предельно допустимый сброс).

Согласно постановления Правительства РФ от 23 июля 2007г № 469 (в ред. Постановления Правительства РФ от 10.03 2009 №219) «О порядке утверждения нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей» процедура нормирования Федеральным агентством водных ресурсов происходит по согласованию с Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федеральным агентством по рыболовству, Федеральной службой по экологическому, технологическому и атомному надзору на основании предложений водопользователей.

За основу расчета берется: предельно допустимая концентрация ЗВ в водоеме ($C_{пдк}$), $г/м^3$; фоновая концентрация ЗВ в водоеме ($C_{ф}$), $г/м^3$, выше выпуска в 500 м; определяется в соответствии с действующими методиками по определению расчетов фоновых концентраций химических веществ в воде водотоков; кратность общего разбавления сточных вод в водоеме (n), равная произведению кратности начального разбавления n на кратность основного.

Формула для определения концентрации НДС ($C_{ндс}$) имеет вид:

$$C_{ндс} = n (C_{пдк} - C_{ф}) + C_{ф} \quad (1)$$

При определении $C_{ндс}$ по указанной формуле в случае фоновой концентрации ЗВ равной предельно допустимой концентрации данного ЗВ ($C_{пдк} = C_{ф}$) значение в скобках становится равным 0 и, соответственно, все слагаемое в указанной формуле становится равным 0.

В этом случае, $C_{ндс} = C_{ф}$, что становится невыполнимым для водопользователя даже по ЗВ, которые не образуются у водопользователя. В том

же случае, если фоновое ЗВ используется или образуется в технологическом процессе у водопользователя, то, естественно, к фону добавляется образующаяся в технологии концентрация ЗВ и водопользователь вынужден платить за водопользование в 25 раз больше в соответствии с приказом МПР РФ от 13 апреля 2009г № 87 «Об утверждении методики исчисления размера вреда, причиненного водным объектам вследствие нарушения водного законодательства».

Снизить концентрацию ЗВ на сбросе за счет внедрения каких-то суперновых технологий природопользователь не может по двум простым причинам:

- 1) у природопользователя нет денег для покупки новых технологических процессов для очистки СВ;
- 2) высокоэффективных технологий для очистки СВ, удовлетворяющих требованиям, нормативов, попросту не существует на сегодняшний день (и это – основная причина!)

Во всем мире экологическая политика основывается на поощрениях и экономической выгоды

улучшения природоохранной деятельности. В РФ экологическая политика продолжает строиться на запретах и ограничениях.

Иногда в практике, орган по нормированию в случае равенства $C_{пдк}$ и $C_{ф}$ понимая нереальность выполнения $C_{ндс} = C_{ф}$, устанавливает для расчета $C_{ф}$ ниже значения, определенного по соответствующей методике и, тогда, слагаемое в скобках в вышеприведенной формуле становится равным какому-то значению, отличным от нуля.

[14, 54]

5. В чем заключается отличие и противоречие установления ПДК для водоемов различного назначения? Противоречие и отличие ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения и требованиями СанПиН 2.1.4.1074 – 01 к питьевой воде.

Ответ:

Перечни ПДК для водоемов различного применения разрабатывают различные ведомства рыбохозяйственного и санитарно-гигиенического профиля,

как правило, не согласовывая свои действия. В результате получается следующее: одно и то же вещество называется по-разному в различных перечнях; на некоторые вещества существуют ПДК только для одних водоемов, а для других – отсутствуют. Например, для хлорорганических соединений ПДК существуют только санитарно- гигиенические и отсутствуют для рыбохозяйственных водоемов. (Как известно санитарно- гигиенические ПДК более завышены по сравнению с рыбохозяйственными, ибо устанавливаются по результатам биотестирования на теплокровных животных, а не на гидробионтах-рыбах). Это приводит к путанице и отсутствию информации в Государственном реестре веществ. Отсутствие информации, например, о ПДК хлорорганических соединений, с одной стороны, вызывает сомнения о безопасности сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения (а к водоемам рыбохозяйственного назначения можно отнести практически любой водоем, так как рыба водится, кроме болот, везде), с другой стороны - позволяет надзорным органам, ссылаясь на норматив, запретить к сбросу хлорорганических веществ, или в лучшем случае - «автоматом» применить к водопользователю повышающий коэффициент 25.

НДС устанавливают требования к сбросным СВ более жесткие, чем ПДК для рыбохозяйственных водоемов, или на уровне ПДК, а, в свою очередь, требования СанПиН к качеству питьевой воды более «мягкие», чем ПДК (проиллюстрировано табл. 7)

Таблица 7

ПДК тяжелых металлов в воде рыбохозяйственных водоемов и в питьевой воде

	<u>Хром</u> <u>Cr³⁺</u>	<u>Хром</u> <u>Cr⁶⁺</u>	<u>Медь</u> <u>Cu</u>	<u>Цинк</u> <u>Zn</u>	<u>Никель</u> <u>Ni</u>	<u>Свинец</u> <u>Pb</u>	<u>Кадмий</u> <u>Cd</u>	<u>Железо</u> <u>Fe</u>
<u>ПДК для</u> <u>рыбохозяйственных</u> <u>водоемов, мг/дм³</u>	<u>0,07</u>	<u>0,02</u>	<u>0,001</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,1</u>	<u>0,005</u>	<u>0,1</u>
<u>СанПиН 2.1.4.</u> <u>1074-01 Вода</u> <u>питьевая</u>	<u>0,5</u>	<u>0,05</u>	<u>1,0</u>	<u>5,0</u>	<u>0,1</u>	<u>0,03</u>	<u>0,001</u>	<u>0,3</u>

Элементарный здравый смысл подсказывает, что нормативные требования НДС к сточным водам и питьевой воде должны поменяться местами.

В большинстве европейских стран при установлении нормативов на качество очистки сточных вод основным условием является *достижение максимально возможной степени очистки с учетом использования наилучших современных технологий*. [14, 31]

6. Дать определение ЛПВ (лимитирующий признак воздействия) и по каким признакам устанавливается ЛПВ?

Ответ:

При расчете $C_{ндс}$ (концентрации НДС) необходимо принять ряд дополнительных условий, одним из которых является учет ограничений для веществ, сходных по лимитирующему признаку воздействия (ЛПВ). Данное условие заключается в том, что если в сточных водах содержится два и более ЗВ одинакового ЛПВ, то сумма отношений концентрации каждого ЗВ в СВ (каждого ЗВ одинакового по ЛПВ) к ПДК ($C_{пдк}$) данного ЗВ в водоеме-приемнике не может быть более 1 в соответствии со следующим неравенством :

$$C_1/C_{пдк1} + C_2/C_{пдк2} + C_3/C_{пдк3} + \dots + C_n/C_{пдкn} < 1 \quad (2)$$

ЛПВ устанавливается нормативами наряду с ПДК по одному из нижеперечисленных признаков:

- токсикологический (по токсическому действию на водные организмы);
- санитарный (превышение гидрохимических показателей; численность микрофлоры и др.);
- санитарно-токсикологический (токсическое действие на водные организмы и санитарные показатели водоема);
- органолептический (привкус, запах, пена);
- рыбохозяйственный (изменение вкуса, запаха, цвета рыбы).

Пример:

В сточных водах водопользователя содержатся следующие ЗВ одного (токсикологического) ЛПВ: цинк, медь, никель.

ПДК в воде указанных металлов следующие: $ПДК_{Zn} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$; $ПДК_{Cu} = 0,001 \text{ мг/дм}^3$; $ПДК_{Ni} = 0,01 \text{ мг/дм}^3$. Вышеприведенное неравенство (2) примет вид:

$C_{Zn} / 0,01 + C_{Cu} / 0,001 + C_{Ni} / 0,01 < 1$; для того, чтобы сумма трех слагаемых неравенства была меньше единицы, то для определения численного значения каждого числителя необходимо соответствующий знаменатель (ПДК) разделить на число, равное количеству ЗВ с одинаковым ЛПВ (в рассматриваемом примере – на 3).

В итоге концентрации (и соответственно – $C_{ндс}$) цинка, меди, никеля в сточных водах должны иметь следующие значения: $C_{цинка} = 0,003 \text{ мг/дм}^3$; $C_{меди} = 0,0003 \text{ мг/дм}^3$; $C_{никеля} = 0,003 \text{ мг/дм}^3$.

Вызывает сомнения обоснованность, корректность и возможность реализации неравенства в практике природоохранной деятельности по следующим причинам:

- 1) противоречит элементарному здравому смыслу результат искусственно подобранного арифметического действия, в результате которого норматив на сброс ЗВ мгновенно уменьшается на порядок по сравнению с ПДК воды водоемов. Ни в одной цивилизованной стране мира нет подобного прессинга на водопользователей;
- 2) в неравенстве (2) применяется простое суммирование токсических (или других лимитирующих свойств) характеристик ЗВ, то есть применяется аддитивность ЗВ; однако, компонентам сточных вод, особенно сложного состава, свойственно проявление синергических и антогонистических свойств;
- 3) десятитысячные доли мг, получающиеся при учете ЛПВ практически не возможно определить из-за отсутствия методик и необходимого лабораторно-приборного оборудования.

[14, 54]

7. Какова разница между количеством применяемых в быту и промышленности химических веществ, количеством хим. веществ, на которые установлены ПДК, и количеством анализируемых в лабораториях ингредиентов? Чем объясняется несоответствие трех

указанных цифр и каковы предложения по минимизации несоответствия с точки зрения объективности оценки?

Ответ:

Ежегодно около 1000 новых химических соединений поступает на рынок. Все они рано или поздно попадают в окружающую среду. По оценкам Европейской комиссии по инвентаризации химических веществ (EINECS) количество новых веществ, используемых в промышленности и быту, достигает порядка 100000 и 90% из них не имеют никакой токсикологической информации. Лишь примерно 30-40 соединений включаются в действующие программы химического мониторинга природных и сточных вод. Остальные вещества не контролируются из-за отсутствия перечней приоритетных загрязняющих веществ для водных объектов и сточных вод, отсутствия методов, пригодных для массового анализа, трудностей идентификации чрезвычайно малых концентраций экологически опасных веществ и другим причинам.

В настоящее время для водоемов рыбохозяйственного назначения установлены ПДК на 1204 ЗВ, для водоемов питьевого и хозяйственного назначения – на более чем 1625 ЗВ. Те же ЗВ, на которые не установлены ПДК, - а из приведенных выше данных видно, что ЗВ с неустановленным ПДК - большинство, - к сбросу в водоемы запрещены.

Несовершенство существующей системы определения ПДК и НДС очевидно на примере отсутствия норматива в воде рыбохозяйственного водоема только одного класса соединений - хлорорганических. А, как уже описывалось выше, химических органических и минеральных соединений, на которые отсутствуют ПДК (гигиенические и рыбохозяйственные), великое множество.

Основные недостатки действующей системы нормирования и аналитического контроля в РФ следующие:

- основана на гидрохимических показателях без учета гидробиологических и соответственно, не учитывает комплексное влияние ЗВ;
- отсутствие ПДК на нерастворенные (взвешенные) формы ЗВ

- нет единого органа на федеральном уровне, который бы упорядочил работу по определению ПДК, планомерно расширял базу данных по ПДК, использовал единую методику определения ПДК для любых водоемов, расширенный и единый набор валидных тест-объектов, позволяющий адекватно смоделировать влияние на биоту при ПДК не только отдельного конкретного ЗВ, но и в комплексе с вероятными соседними ингредиентами в природной среде и при различных сочетаниях биотических, абиотических факторах.

[14, 31, 54, 57]

8. Мониторинг и нормирование качества сточных вод в странах Западной Европы – в Великобритании, во Франции, в Германии, в Нидерландах. Как нормируется антропогенная нагрузка на водоем согласно принятой в странах ЕС Водной Рамочной Директив?

Ответ:

Оценка токсичности сточных вод в Германии основана на результатах биотестирования на рыбах. В настоящее время разрабатывается методология включения данных по тестированию на дафниях, водорослях и люминисцентных бактериях в дополнение к тесту на рыбах. Нормирование по результатам биотестирования устанавливается для каждого типа предприятия, при этом главным критерием является достижение такого уровня очистки сточных вод и их разбавления через систему рассеивающего выпуска, при котором не наблюдается никакого воздействия ни на один из перечисленных тест- объектов. Качество воды водоема, принимающего сточные воды, не учитывается при нормировании.

В Великобритании до 1955 года оценка качества сточных вод производилась лишь по химическим показателям. В настоящее время в дополнение к химическим показателям производится предварительное биологическое тестирование на дафниях и люминисцентных бактериях. Биологический мониторинг выпуска сточных вод осуществляется после отнесения их к одному из 4 классов по результатам предварительного тестирования. Количество и вид тест-объектов

определяется в зависимости от класса предприятия, который определяется, в свою очередь, предварительным тестированием.

Главное отличие законодательства Великобритании заключается в том, что оно базируется на состоянии водоема-приемника сточных вод.

Требования французского законодательства в области очистки сточных вод предусматривают ограничения к очищенным сточным водам в зависимости от биологических характеристик водоема-приемника.

Наиболее совершенным считается подход к данной проблеме в Нидерландах, который заключается в следующем:

- на основе применения наилучших технологий по очистке сточных вод разрабатываются нормы на очищенный сток. Нормы предусматривают широкий спектр химических показателей и биологических: определение острой и хронической токсичности, мутагенности, биоаккумуляции;
- после того, как качество очистки будет признано нормальным, производится следующая группа анализов уже по определению влияния сбросов на водоем - анализируется качество воды в водоеме по химическим и гидробиологическим показателям, в том числе, донные отложения. На основании результатов анализа производится оценка риска воздействия на водоем.

Принятая в 2000г в странах ЕС Водная Рамочная Директива также предусматривает необходимость учитывать при нормировании состояние водоема по *гидрохимическим и гидробиологическим показателям.*

[14, 31, 57]

9. Почему результаты химических анализов не могут объективно оценить качество сточных вод, их влияние на водную экосистему и качество воды водоемов?

Ответ:

Химический состав воды водоема и сточных вод в России наиболее технически и методически оснащенные лаборатории могут определять не более, чем по 100

ингредиентам. На самом деле оперируют не более чем 25 показателями (отсутствие квалифицированных кадров, высокая стоимость реактивов и приборов и пр.).

(В странах Скандинавии и Западной Европы в водоемах регулярно контролируется 30-40 химических показателей).

К *гидробиологическим* анализам, которые в настоящее время предусмотрены и которые выполняются, можно отнести только два: отсутствие острой токсичности в сбросе и хронической – в створе.

Для определения ассимилирующих свойств водоема-приемника сточных вод водопользователей, определения самоочищающей способности его, видового разнообразия планктона, зоо- и фитобентоса, характеристики донных отложений необходимо делать соответствующие гидробиологические лабораторные анализы, которые в РФ в настоящее время не делаются, потому, что не предусмотрены для обязательного исполнения, нет методик и оборудования, нет специалистов, нет финансирования и т. д.

Только комплексная оценка влияния ЗВ сточных вод по гидрохимическим, гидробиологическим показателям и оценка группы факторов риска по основным нозологическим формам здоровья населения, проживающего в районах, прилегающих к месту сброса сточных вод крупного мегаполиса, позволяет объективно определить последствия воздействия. Учет химических, токсикологических, биологических показателей, оценка состояния здоровья населения, как ответной реакции человека на состояние водной экосистемы, позволяет трансформировать бессистемные отдельные лабораторные анализы по соответствию ПДК, в истинный **мониторинг**, как *систему наблюдений* за сбросом сточных вод и влиянием их на водоем, *оценки* этого влияния, *прогноза* влияния, *разработки и внедрения* инженерных решений по минимизации влияния на водную экосистему.

[14, 25, 57]

10. Роль донных отложений в водоемах как депонирующей среды для химических соединений и среды для обитания микроорганизмов. Участие донных отложений в самоочищении водоемов.

Ответ:

В водной среде донные отложения являются главным накопителем металлов и сложных по своему строению гидрофобных загрязнителей. Поступление поллютантов в воду, осаждение их на взвешенных частицах является главной причиной загрязнения донных отложений. Основными загрязнителями донных отложений являются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), полихлорированные бифенилы (ПХБ) и другие хлорорганические соединения, а также тяжелые металлы. Однажды осевшие эти вещества могут оказывать продолжительное воздействие на макрозообентос.

Доказано, что загрязнения, скопившиеся в донных отложениях, продолжают воздействовать на качество воды. При этом донные отложения благодаря способности аккумулировать органические и неорганические вещества могут выступать вторичным источником поступления токсичных веществ в воду.

Роль донных отложений (ДО) в водоемах чрезвычайно велика. Их значение нельзя охарактеризовать более точно, чем это сделал А.А.Зенкевич, назвав осадки трудовой книжкой водоема, в которой записана вся его трудовая деятельность. Состав и свойства ДО являются отражением всей совокупности биологических, химических и физических процессов, происходящих в водоеме. Накопление веществ на дне водоемов и удаление их из ДО – один из важных механизмов регулирования содержания этих веществ в водной толще, влияющий на продуктивность водных экосистем и качество воды в них. Донные отложения – сложная динамическая система. Населяющие придонные слои и донные отложения организмы обеспечивают круговорот всех главных элементов и осуществляют энергетическая взаимосвязь процессов в разных экологических зонах.

Отличительной особенностью донных отложений как места обитания организмов является, прежде всего, то, что они представляют собой твердый субстрат с очень тонкой стратификацией физико-химических условий. Это заметно

сказывается на характере обитающей здесь микрофлоры. Микрофлора поверхностного слоя илов, где хотя бы временно существуют аэробные или микроаэрофильные условия, характеризуется присутствием определенных бактерий, которые играют большую роль в минерализации органических остатков. Многие из них способны растворять такие полимерные соединения, как целлюлоза, хитин, крахмал, пектины, то есть те вещества, которые скапливаются в иловых отложениях. Среди микроорганизмов донных отложений обнаруживаются и хищные бактерии (Горленко и др., 1977).

Видовой состав иловой микрофлоры в значительной степени определяется типом водоема и временем года. Как уже было отмечено, донные отложения являются важным звеном процесса самоочищения водоема от природных и антропогенных веществ, поступающих в водоемы. Особенно велика роль донных отложений в процессах распределения тяжелых металлов и их соединений в водоемах. Помимо этого, донные отложения могут выступать фактором самоочищения водоемов от гидрофобных веществ, в том числе от нефтепродуктов и синтетических смол. Гидрофобные органические вещества прилипают к взвешенным частицам и оседают на дно. Содержание углеводов и смол в донных отложениях в 100-1000 раз выше, чем в воде. Будучи размещенными на дне, гидрофобные органические вещества медленно разрушаются донными микроорганизмами. На дне может продолжаться и процесс превращения части углеводов и их производных, например, фенолов и нафтолов, в смолистые вещества. Имеются данные о том, что синтетические поверхностно-активные вещества активно поглощаются донными отложениями. В то же время такие органические соединения, как белки, аминокислоты, гуминовые вещества и др. большей частью мигрируют из отложений в водную толщу. Процессы сорбции – десорбции биогенных элементов и органических соединений зависят от многих факторов: насыщения придонных слоев воды, химического состава ДО и воды, контактирующей с ними, мощности отложений, времени года, температуры воды, гидрологических условий, активности микрофлоры. Донные отложения с высоким

содержанием илистой фракции выступают в отношении биогенных элементов как источники вторичного загрязнения.

[33, 57]

11. Определение индекса мощности биохимического самоочищения водоемов по методу Фрумина – Слотиной. Зависимость различных величин индекса мощности и способности водоемов к самоочищению.

Ответ:

Самоочищение - важнейший внутриводоемный процесс формирования качества воды в водохранилищах, состоящий из нескольких одновременно протекающих физико-химических, биохимических и биологических процессов и представляет собой основное звено процесса биотического круговорота веществ в водоеме.

Одним из наиболее распространенных способов определения самоочищения водоемов является расчетный метод оценки мощности биохимического самоочищения (ИБС) по Фрумину - Слотиной (авторы метода):

$$\text{ИБС} = (\text{БПК}_{\text{зв}} - \text{БПК}_{\text{к}}) / \text{БПК}_{\text{т}},$$

где: $\text{БПК}_{\text{зв}}$ – полное биохимическое потребление кислорода в пробе, содержащей стандартное загрязняющее вещество, в качестве которого может быть использован метанол, фенол, моноэтиленгликоль и др. вещества ;

$\text{БПК}_{\text{к}}$ – полное биохимическое потребление кислорода в контрольной (холостой) пробе;

$\text{БПК}_{\text{т}}$ - полное БПК, рассчитанное по уравнению реакции окисления стандартного вещества при выбранной начальной концентрации C_0 .

Возможны 4 варианта диапазона изменения величины ИБС:

1) $\text{БПК}_{\text{зв}} = \text{БПК}_{\text{к}}$, то $\text{ИБС} = 0$, - отсутствие биохимического самоочищения в водоеме;

2) $\text{БПК}_{\text{зв}} > \text{БПК}_{\text{к}}$; $0 < \text{ИБС} < 1$, - наиболее часто встречающийся в практике случай. При этом могут быть следующие варианты:

а) $0,9 < \text{ИБС} < 1$ – высокая мощность самоочищения;

б) $0,3 < \text{ИБС} < 0,9$ – средняя мощность самоочищения;

в) $0 < \text{ИБС} < 0,3$ – низкая мощность самоочищения;

г) $\text{БПК}_{\text{зв}} \gg \text{БПК}_{\text{к}}$, то $\text{ИБС} > 1$, - этот вариант может быть, если вещество будет стимулировать

процесс БПК.

[33, 57]

12. Характеристика основных методов биологического мониторинга водоема в месте выпуска

сточных вод по показателям зоопланктона: а) по коэффициенту Жаккара; б) по индексу сапробности ; в) по индексу видового разнообразия (индекс Шеннона).

Ответ:

Сообщество зоопланктона является неотъемлемой частью водных экосистем, и зоопланктон можно считать экспрессным индикатором воздействия на водоем, так как основные его представители имеют короткий жизненный цикл.

. а) *Индекс видового сходства (I)* по коэффициенту Жаккара в модификации Серенсена, рассчитывается по формуле:

$$I = \frac{2 \cdot c}{a + b}$$

где: а - число видов для одного участка, b - число видов для второго участка и с - число видов сходное для обоих участков, для станций составлял 40-67%.

б) *Индекс сапробности (S)* определяется по следующей формуле:

$$S = \frac{\sum_{i=1}^N (S_i \times h_i)}{\sum_{i=1}^N h_i}$$

где: N – число выбранных видов индикаторных микроорганизмов; S_i – индивидуальное значение сапробности, присущее каждому виду (определяется по таблицам); H_i – относительная численность i-ого вида (определяется по специальным таблицам).

в) *Индекс Шеннона (H)* определяется по формуле:

$$H = -\sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{n} \times \log_2 \frac{n_i}{n} \right)$$

где: S - число видов биоиндикаторных микроорганизмов; n_i – число особей i-ого вида; n - число всех особей в пробе. (Принято считать, что $H > 3$ соответствует чистым водоемам; $H = 1-3$ – загрязненные водоемы; $H < 1$ - грязные водоемы).

[27, 54, 57]

13 Характеристика основных методов биологического мониторинга: а) по составу микрофлоры; б) по показателям фитопланктона; в) по состоянию донных отложений.

Ответ:

а) состав микрофлоры воды водоемов определяют по показателю общей бактериальной загрязненности, выражаемой общим микробным числом (ОМЧ) и КОЕ – колоний образующих бактерий в 100 мл пробы;

б) использование показателей развития фитопланктона для оценки загрязненности поверхностных вод определяется тем, что фитопланктон является одним из важнейших элементов водных экосистем, участвующих в формировании качества вод, поскольку парящие в толще воды организмы фитопланктона осуществляют фотосинтез.

Показателями являются, например, количество по численности и по биомассе синезеленых, диатомовых, золотистых, евгленовых, зеленых, криптофитовых водорослей.

в) состояние донных отложений определяют:

- по химическому составу;
- по токсикологическому анализу;
- по показателям макрозообентоса.

Токсическое воздействие донных отложений исследуют на тест - организмах (например, *Daphnia magna*).

Активность биохимических процессов минерализации органического вещества, протекающих в донных отложениях, характеризуют через показатель дегидрогеназной активности (ДА).

Зообентос – важнейший компонент водных экосистем, состав которого достоверно отражает состояние водоема. Показатели макрозообентоса позволяют проанализировать в ретроспективе воздействие СВ, так как у зообентоса более долгий жизненный цикл, чем, например, у зоопланктона.

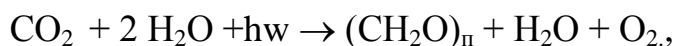
[31, 33]

14. Что такое валовая первичная продукция; чистая первичная продукция; минерализованная часть органических соединений; автохтонное и аллохтонное органическое вещество; продукция и деструкция органических соединений? Взаимосвязь между данными определениями.

Ответ:

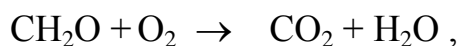
Интенсивность процессов трансформации вещества в водной экосистеме характеризуется через функциональные показатели, к числу которых можно отнести соотношение валовой первичной продукции планктона («А») к деструкции («R»).

Следует напомнить, что процесс образования первичной продукции - органических веществ- происходит в воде из минеральных веществ автотрофными микроорганизмами в процессе фотосинтеза:



Различают *валовую первичную продукцию* («А»), являющейся суммой всех новообразованных при фотосинтезе органических веществ, *чистую первичную продукцию* планктона («Р») и *минерализованную* часть органических соединений в результате деструкции («R»): $P = A - R$; Разность между «А» и «R» или отношение A/R показывает присутствие в воде *аллохтонного* органического вещества, так как деструкции подвергается в основном *автохтонное* органическое вещество. Чем больше отклонение A/R от 1 в сторону 0, тем больше в водоеме аллохтонного органического вещества.

Деструкцией называется распад органического вещества под воздействием гетеротрофных организмов:



В темноте фотосинтез прекращается и, соответственно, не происходит поглощения CO_2 из среды и выделения эквивалентного количества O_2 , но процессы дыхания у растений в темноте происходят с той же скоростью, что и на свету. Поэтому, сравнивая концентрацию O_2 в воде в темной и светлой склянках после экспозиции в течение 6-24 час., можно определить *первичную продукцию*.

[53, 56]

15. На какие категории делятся водоемы в зависимости от величины продукции?

Ответ:

В зависимости от величины продукции водоемы делятся на: *евтрофные* - 2-18 мг O_2 /л; *мезотрофные* - 1-2 мг O_2 /л; *олиготрофные* - 0,06- 0,08 мг O_2 /л; *дистрофные* - 0,05 мг O_2 /л и менее.

Преобладание продукционных процессов над деструкционными связано с тенденцией к эвтрофированию водоемов. Отношение «А» (А - валовая первичная продукция) к «R» (R - минерализованная часть органических соединений) > 1 указывает на накопление органического вещества в водоеме.

[14, 25, 54]

16. Основные недостатки действующей в РФ системы мониторинга и нормирования СВ и воды водоемов?

Ответ:

Основные недостатки действующей системы мониторинга и нормирования в РФ следующие:

- основана на гидрохимических показателях без учета гидробиологических и, соответственно, не учитывает комплексное влияние ЗВ на водную экосистему и здоровье людей;

- не распространяется на значительную часть ЗВ (анализируется 25-30 показателей) и не учитывает эффекты синергизма, аддитивности ингредиентов сточных вод;

- мониторинг образования, формирования, транспортирования сточных вод и их влияния на водоем осуществляется бессистемно и сводится, в основном, к эпизодическому проведению отдельных лабораторных анализов, не позволяющих комплексно оценить процессы формирования сточных вод в различных режимах работы стокообразующих промышленных установок, оценить все факторы, влияющие на эффективность очистки СВ в штатных и нештатных режимах работы;

- на муниципальном, региональном и федеральном уровнях мониторинг как система «наблюдений» за состоянием водных экосистем, работой очистных сооружений в регионах в силу разных причин (отсутствие лабораторий в полной мере оснащенных методиками, оборудованием, квалифицированными кадрами, знающими процессы очистки, недостаточность финансирования, отсутствие стимулов в улучшении эффективности работы природоохранных объектов и так далее) производится редко; для проведения мониторинга как «оценки» и «прогноза» используются данные природопользователей, которые вынуждены по ряду от них независимых причин представлять «приглаженные» отчеты,- отсюда соответствующий мониторинг и как оценка состояния природоохранной деятельности и мониторинг как прогноз экологической ситуации на перспективу;

- нет единого органа на федеральном уровне, который бы упорядочил работу по определению ПДК, планомерно расширял базу данных по ПДК, использовал единую методику определения ПДК для любых водоемов, расширенный и единый набор валидных тест-объектов, позволяющий адекватно смоделировать влияние на биоту не только отдельного конкретного ЗВ, но и в комплексе с вероятными «соседними» ингредиентами в природной среде и при различных сочетаниях биотических, абиотических факторах;

- нет реестра ПДК загрязняющих веществ, допустимых к биоочистке в БОС (примерная аналогия ПДК в водоемах) ;

- отсутствие в стране федерального научно-исследовательского института по исследованию, разработке и внедрению прогрессивных процессов и технологий очистки сточных вод, в том числе биоочистки, различных отраслей промышленности и коммунального хозяйства;

- отсутствие ПДК на нерастворенные (взвешенные) формы ЗВ;

- необходимо отказаться от действующего принципа расчетного НДС при определении допустимого влияния сточных вод на водоемы;

- ввести градацию классов СВ в зависимости от: используемой технологии очистки сточных вод; динамики внедрения в существующую проектную технологическую схему передовых прогрессивных изменений технологии, процессов, оборудования; производительности очистных сооружений.

Размер платы за сбросы должен дифференцироваться в зависимости от класса сточных вод;

- ввести плату за неорганизованный сброс СВ не только предприятиям, но и объектам муниципальных образований, сельского хозяйства и т. д., принадлежащим юридическим и физическим лицам;

- прогрессирующей в РФ тенденция к увеличению образования и накопления осадков после механической, биологической очистки способствует превалирующая концепция проблемы осадков, как *отдельная* от очистки сточных вод проблема и менее актуальная, относящаяся больше к вопросам отходов. Необходимо на всех стадиях, касающихся состояния водных экосистем -

нормирования, проектирования и эксплуатации очистных сооружений, рассматривать в комплексе вопросы утилизации осадков. Эффективность очистки сточных вод оценивать не только по увеличению осаждения взвешенных частиц органического, минерального состава в отстойниках,

но и учитывать:

- класс опасности и токсичность осадков;
- количество осадков - общее и удельное на м³ сточных вод;
- отношение внеклеточной («свободной») и внутриклеточной («связанной») воды; баланс удаления влаги из осадков во времени (в динамике) в соотношении испаряемой и дренируемой воды; состав дренажа и способ очистки;
- реальный, реализованный на очистных сооружениях способ дальнейшей утилизации осадков.

[25, 31, 54]

17. Устойчивость хлорорганических соединений (ХПС) в воде водоемов. В чем заключается отрицательное воздействие на здоровье людей хлорорганических соединений? Трофические и биологические схемы (цепочки) поступления ХПС, содержащихся в водоемах в организм человека.

Ответ:

При хлорировании образуются хлорорганические соединения, обладающие, по данным многочисленных советских и зарубежных исследователей, высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, способные аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и в конечном счете по трофическим цепям попадать в организм человека. Эти соединения обладают высокой стойкостью к биодеструкции и вызывают загрязнения рек на значительных расстояниях вниз по течению. Оценка по индексу токсичности для дафний показала, что хлорированная вода является остротоксичной для этих тест-объектов. В процессе хлорирования образуются и хлорамины, способные, по данным многих авторов, при очень низких концентрациях вызывать серьезные физиологические изменения гидробионтов и даже их гибель.

Воздействие даже низких концентраций хлора (на уровне 0,01 мг/л) снижает на 50-100% способность фитопланктона поверхностных водоисточников усваивать нитратный и аммонийный азот в результате инактивации ферментов, отвечающих за усвоение неорганического азота, что ухудшает возможности эффективного самоочищения водоемов.

Возможные побочные эффекты, возникающие при хлорировании сточных вод, могут проявиться в виде:

- образования диоксинов и их предшественников в сточных водах и воде водоемов;
- образования биологически активных хлорорганических соединений;
- токсический эффект на водные организмы, в частности, на популяцию всех видов рыб;
- нарушение процессов самоочищения водоемов.

По некоторым данным, концентрация хлорсодержащих соединений в волжской воде в период интенсивного цветения достигает 14,5-15,3 мг/л и даже 5-минутное кипячение воды уменьшает концентрацию лишь на 13%.

В природных условиях в воде водоемов возможно образование предшественников диоксинов: 2,4,5- трихлорфенола, 2,4,6- трихлорфенола, пентахлорфенола за счет присутствия в воде свободного хлора и фенола природного происхождения. Процесс синтеза указанных соединений активизируется в условиях смещения pH в сторону щелочной среды (что происходит в период цветения водоемов) и увеличения концентрации ионов железа. Железо является катализатором реакций взаимодействия хлора и фенолов. (Концентрация железа в Куйбышевском водохранилище составляет 0,33 мг/л при ПДК = 0,1 мг/л)

С течением времени концентрация хлоропроизводных соединений (ХПС) в сточной воде не уменьшается, а даже, наоборот, что является подтверждением устойчивости этих соединений (табл.7).

Концентрация ХПС в сточных водах через разное время после хлорирования

Наименование ингредиента	Интервал после внесения хлора, минут			Средняя величина
	30	45	60	
Хлорэтил	0,19	0,26	0,34	0,26
Дихлорметан	5,8	6,4	6,9	6,4
1,2-Дибромпропан	0,11	0,15	0,16	0,14
Метилхлороформ	12,7	13,4	13,9	13,3
Хлороформ	0,37	0,41	0,51	0,43

Лабораторные исследования результатов хлорирования волжской воды (в контрольной пробе через 60 минут) показали, что также, как и при хлорировании СВ, но в меньших концентрациях, образуются ХПС: хлороформ- 0,003 мг/л; хлорэтил- 0,001 мг/л ; дихлорметан – 0,01 мг/л; метилхлороформ- 0,07 мг/л. Данный факт подтверждает наличие органических соединений в водоеме.

ХПС, содержащиеся в водоемах, попадают в организм человека по следующим трофическим и биологическим цепочкам:

- вода – гидробионты - человек;
- вода – растения - человек;
- вода – растения – животные организмы - человек;
- вода – воздух - человек.

Следует обратить внимание также на проникновение ХПС в организм человека через кожу при принятии водных процедур: ежедневном умывании; мытье в душе и ванной; летнем купании в водоемах. Естественно, все водные процедуры человек принимает при теплой ($>20^{\circ}\text{C}$), или повышенной температуре ($>35^{\circ}\text{C}$) и, как правило, использует моющие средства, что многократно усиливает эффект проникновения ХПС в организм через органы дыхания и, особенно, через поверхность тела.

Эффект усиления поступления загрязнений через кожу при водных процедурах (особенно при принятии ванн и купании в водоемах при высоких температурах) объясняется известными физико-химическими массообменными процессами: при воздействии воды с повышенной температурой поры кожи расширяются и, соответственно, увеличивается сорбция загрязнений.

Синтетические поверхностно-активные вещества (СПАВ), присутствующие в моющих средствах, оказывают, как минимум, двойное негативное воздействие на организм человека:

1) СПАВ обладают способностью растворять (дробить) органические и твердые минеральные соединения, не растворимые или малорастворимые в воде (эффект *солюбилизации*). При повышенных температурах применяемые в процессе принятия водных процедур СПАВ дробят длинную и сложную цепочку ХПС, на более мелкие и простые фрагменты, которые, в свою очередь, легко сорбируют через открывшиеся поры кожи и далее – в кровеносные сосуды и другие жизненно важные органы человека.

Кроме того, ХПС, всегда присутствующие в воде водоемов, и обладающие высокой устойчивостью в нормальных условиях, под воздействием СПАВ и повышенных температур, дробятся частично на исходные компоненты. Исходные компоненты обладая определенной токсичностью, сорбируют в организм, где могут вступать между собой во взаимодействие, вновь образуя хлоропроизводные соединения.

2) Все виды СПАВ: анионоактивные, катионоактивные, неионогенные, амфолитные, являются токсикантами и практически не окисляются биохимическими способами. В водоемах в связи с увеличивающимися объемами применения в промышленности и быту концентрация СПАВ все более возрастает. Превышение концентрации СПАВ вызывает патологические изменения в организме, наиболее распространенными из которых являются: повышение уровня холестерина в крови; развитие атеросклероза; структурные изменения в аорте и др. Имеющиеся в воде ХПС, пестициды, фосфаты и другие высокотоксичные

соединения в присутствии СПАВ всасываются в кровь быстрее и в больших концентрациях.

Наличие множества путей поступления ХПС определяет формы отклика организма в виде канцерогенного и мутагенного эффекта.

[19, 24, 28, 29, 57]

18. Состав сточных вод по происхождению и краткая характеристика видов загрязняющих веществ.

Ответ:

Все загрязнения сточных вод по своему происхождению подразделяются на *минеральные, органические и бактериологические.*

К *минеральным* загрязнениям относятся: растворы минеральных солей, кислот, щелочей, минеральные масла, песок, частицы шлака, руды и многие другие вещества. Минеральные загрязнения удаляются из СВ на очистных сооружениях в основном физико-химическими (нейтрализация, коагуляция), физическими (механическими) способами (седиментация). Частично могут удаляться на стадии биологической очистки СВ в аэротенках, но не биохимическим окислением, а преимущественно за счет сорбции минеральных веществ на хлопьях ила. Процесс сорбции минеральных веществ активным илом приводит к потере окислительной способности бактериальных клеток и необходимости периодической его регенерации, поэтому стремятся максимально освободиться от минеральных ЗВ на предыдущих стадиях очистки СВ. Некоторые минеральные соединения (например, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - сульфат аммония), содержат органогенный элемент – азот, - из которого синтезируется белок, являющийся «строительным» материалом для клеток

Степень проникновения минеральных солей в бактериальную клетку зависит от диссоциации на ионы, от pH среды, электрического заряда поверхности бактерии.

Минеральные загрязнения практически присутствуют во всех СВ - производственных, коммунальных, ливневых.

Органические загрязнения можно подразделить по своей природе на *естественные* (природные) и *синтезированные* (искусственно полученные). Природные органические загрязнения, в свою очередь, бывают *растительного* и *животного* происхождения. К растительным относятся: растительные масла, гуминовые вещества, остатки растений, плодов и др. Основной химический элемент загрязнений растительного происхождения – углерод.

К органическим загрязнениям животного происхождения относятся продукты экскреции людей, животных. Основной химический элемент этих загрязнений – азот.

Природные органические загрязнения и растительного и животного происхождения содержатся в коммунальных СВ.

Синтезированные органические загрязнения присутствуют, в основном, в производственных сточных водах. Состав производственных сточных вод очень разнообразен и зависит от состава применяемого сырья, технологии, аппаратного оформления, режима ведения техпроцесса и других факторов.

К *бактериальным* загрязнениям относятся живые микроорганизмы – различные бактерии, дрожжевые и плесневые грибки. Особенность коммунальных СВ состоит в том, что в них содержится очень много микроорганизмов, в том числе патогенные бактерии, возбудители заболеваний брюшного тифа, паратифа, дизентерии, сибирской язвы и др., а также яйца гельминтов (глистов), попадающие в воду с экскретами животных, людей. Возбудители заболеваний содержатся и в некоторых производственных СВ, например, в СВ фабрик первичной обработки шерсти, кожевенных заводов и др.

В 1мл сточной жидкости находится миллионы и десятки миллионов бактерий. Возбудители инфекций часто находятся в СВ даже в случае отсутствия в регионе заболеваний, т. к. они могут поступать от их носителей.

По физическому состоянию загрязнения СВ делятся на:

1) *нерастворимые* загрязняющие вещества, находящиеся в грубодисперсном виде (в виде крупной взвеси, т. е. частиц с размерами больше десятых долей мм) и в

тонкодисперсном состоянии (суспензии, эмульсии и пены) с размерами частиц от десятых долей мм до 0,1мк;

2) *коллоидные* с размерами частиц -0,1 – 0,001мк;

3) *растворенные*, находящиеся в воде в виде молекулярно-дисперсных частиц с размерами менее 0,001мк, которые уже не образуют отдельной фазы, и система становится однофазной - истинным раствором.

Нерастворимые вещества в СВ

Нерастворимые вещества, задерживаемые на бумажном фильтре (по принятой лабораторной методике), называют *взвешенными* веществами. Количество их определяют после высушивания при температуре 105°C (по сухому веществу).

В зависимости от степени дисперсности (размеров частиц) и удельного веса взвешенные частицы могут выпадать в виде осадка в сооружениях механической очистки СВ, всплывать на поверхности или оставаться во взвешенном состоянии. Наибольшие проблемы на очистных сооружениях вызывают взвешенные частицы 3-го вида, так как они не задерживаются в отстойниках и поступают с очищенными СВ в водоем.

Выпадающие в осадок взвешенные вещества иногда называют оседающими взвешенными веществами и по объему осевшего в течение 2-х часового отстаивания осадка в лабораторном мерном цилиндре определяют объем (концентрацию) активного ила в аэротенках для оперативного регулирования процесса биоочистки СВ.

Нерастворимые вещества, содержащиеся в СВ, состоят из органической и неорганической (минеральной) части. Для определения каждой из частей, осадок высушивают при температуре 105°C и затем высушенный осадок прокаливают при температуре 600°C. При прокаливании органическая часть выгорает, а неорганическая часть остается в виде золы. Отношение веса оставшейся золы к общему весу сухого вещества осадка, выраженное в процентах, определяет *зольность* осадка (или количество минеральной части нерастворимого вещества). Потери при прокаливании (100% минус зольность) показывает количество *беззольного* (органического) вещества.

В практике оперативного управления процессами биоочистки сточных вод указанная методика применяется в двух случаях:

- на стадии механической очистки СВ для определения соотношения органической и неорганической части в осадке поступающих на очистку сточных вод (чем больше в осадке неорганической части, тем меньше требуется пропустить осадка на БОС);

- соотношение органической и неорганической частей в осадке активного ила из аэротенков характеризует окислительную способность ила - чем больше органической части, тем большей способностью к окислению имеет то же количество ила (тем меньше балластной – неорганической части в иле).

[14, 42]

19. Определение и пояснение значений показателей, характеризующих качество сточных вод,- БПК, ХПК – влияние различных их соотношений на эффективность биоочистки

Ответ:

Биохимическая потребность в кислороде (БПК) – количество кислорода (мг/л или г/м³), потребляемое на биохимическое окисление органических веществ в процессе жизнедеятельности аэробных гетеротрофных бактерий. Величина БПК определяет меру (степень) загрязненности сточных вод или водоемов растворенными, коллоидными веществами.

Определение БПК имитирует процессы самоочищения воды водоемов в природных условиях; это метод определения количества израсходованного кислорода на дыхательную деятельность микроорганизмов, использующих органическое вещество для роста (конструктивный обмен) и метаболизма (энергетический обмен). БПК воспроизводит в лабораторных условиях постоянно существующий в природе биологический процесс.

БПК определяет содержание только тех органических ингредиентов, которые могут служить субстратом для микроорганизмов и не определяет вещества, не подверженные биохимической деструкции.

БПК часто определяют за 5 суток – пятисуточная проба БПК₅. БПК₅ обычно наиболее применяемая в практике характеристика сточных вод, т. к. позволяет наиболее оперативно, за 5 суток (а не за 20, как при определении БПК₂₀) получить информацию о состоянии биоочистки.

Иногда возникает необходимость получения более полной информации о характеристике сточных вод и о процессе биодеструкции углеродосодержащих органических загрязняющих веществ. В таких случаях определяют БПК за 10, 15, 20 и до полного окисления ЗВ; БПК соответственно обозначают: БПК₁₀, БПК₁₅, БПК₂₀, БПК_{полн.}.

БПК_{полн.} определяет биохимическую потребность в кислороде в пробе до начала появления нитратов в концентрации 0,1 мг/л – до начала нитрификации (на это может потребоваться много суток – гораздо более двадцати). Количество времени (суток), необходимое для полного окисления органики (до момента нитрификации), зависит от качества сточных вод – при наличии трудноокисляемых веществ с разветвленной структурной формулой и др. полное окисление их может выходить за 30 и более суток.

Для коммунальных СВ, процессу полного окисления ЗВ, большинство которых являются легкоокисляемыми, хватает 20-и суток. Поэтому, СНиП 2.04.03-85 термин «БПК_{полн.}» определяет как БПК₂₀.

Конечно, полученный через 20 суток результат анализа теряет свою оперативную актуальность, обусловленную необходимостью реализации компенсирующих мероприятий по интенсификации биодеструкции органических ЗВ сточных вод, но для оценки и прогноза потенциальных возможностей системы БОС, технологам необходимо иметь данные по БПК_{полн.}.

В последнее время БПК_{полн.} получает в практике эксплуатации БОС все большее распространение по сравнению с БПК₅, так как в сточных водах коммунального и промышленного происхождения увеличивается содержание трудноокисляемых соединений, которые блокируют активность бактерий и удлиняют деструкцию ЗВ и, вследствие этого, БПК₅ все меньше отражает качество

сточных вод и реальные возможности их биоочистки. В таких СВ БПК₅ может составлять от 15 до 50% от БПК_{полн.}

В других странах иногда определяют БПК за другие, отличные от России, сроки. Например, в Великобритании применяют БПК₇ – семисуточная инкубация была в свое время предложена в связи с тем, что максимальное время пребывания (время течения до моря) СВ в реках страны составляет 7 суток.

Иногда, особенно при проектировании очистных сооружений, не имеется возможности определения БПК_{полн.}, - в таких случаях применяется коэффициент пересчета с БПК₅ на БПК_{полн.}. Необходимо подчеркнуть, что применение коэффициента пересчета с необходимой достоверностью отражает БПК_{полн.} при условии постоянства состава СВ и для одинаковых стадий очистки. В процессе очистки сточных вод по мере прохождения ими последовательно сооружений механической, биологической очистки изымаются легкоокисляемые ЗВ и в конце биоочистки останутся, в основном, трудноокисляемые соединения, поэтому соотношение БПК₅ и БПК_{полн.} будет разное. Соответственно коэффициент пересчета для разных ступеней очистки применяться должен разный – для поступающих на очистку СВ он будет близок к 1, и далее, по мере очистки будет увеличиваться, достигая максимального значения на выходе после вторичных отстойников.

ХПК – химическое потребление кислорода – количество кислорода, потребляемое при химическом окислении содержащихся в воде органических и неорганических веществ под воздействием сильных окислителей. Если необходимо определить содержание легкоокисляемых соединений, то используют слабый химический окислитель - KMnO_4 ; чаще всего требуется определить содержание максимально возможных ЗВ в воде, суммируемых из легко- и трудноокисляемых. Для этого используют сильный окислитель – бихромат калия ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Метод основан на измерении количества избытка бихромата калия после окисления им органических и минеральных ЗВ, присутствующих в анализируемой воде в сильноокислой среде при кипячении.

Значение ХПК показывает то количество кислорода, которое необходимо для окисления *органических* соединений, подразделяемых на: легкоокисляемые растворимые; трудноокисляемые растворимые; взвешенная органика (которая может быть также легко- и трудноокисляемая); некоторых *неорганических* соединений.

Необходимо подчеркнуть, что показатель ХПК не регистрирует (не включает) следующие примеси (ЗВ):

- чрезвычайно трудноокисляемые химические соединения, которые даже после 2-х часового кипячения с бихроматом калия в сильноокислой среде окисляются незначительно;
- летучие соединения, удаляемые при кипячении;
- соединения, незначительно реагирующие с серной кислотой (например, карбамид, соли аммония и др.).

В настоящее время получил распространение, в основном в Западной Европе, метод определения общего органического углерода (ООУ), основанный на измерении диоксида углерода, выделяемого при сжигании углерода, входящего в состав ЗВ. ООУ является абсолютной величиной и более полно по сравнению с ХПК оценивает количество органических соединений в воде, так как измеряет не количество окислителя, израсходованного на окисление, а количество CO_2 , образовавшегося при окислении (сгорании) всего углерода в составе ЗВ.

Каждый из показателей – БПК, ХПК, ООУ- необходим *и в отдельности, и в комплексе.*

Так, БПК дает информацию о возможности биоокисления микроорганизмами органических соединений; ХПК – о максимальном количестве имеющихся в воде ЗВ, которые необходимо снять; ООУ – о валовом содержании органических соединений.

Соотношение ХПК и БПК показывает, какое количество органических ЗВ из имеющихся в данном веществе, может окислиться микроорганизмами. Сравнивая соотношение ХПК и БПК перед конкретным очистным сооружением и на выходе из него, можно оценить эффективность работы данного сооружения.

Существуют определенные ограничения на соотношение ХПК / БПК в сточных водах, поступающих на биоочистку, так в соответствии с Методическими рекомендациями по расчету количества и качества принимаемых сточных вод и загрязняющих веществ в системы канализации населенных пунктов (Утверждены приказом Госстроя России от 06.04.01 №75) в поступающих на биоочистку сточных водах ХПК должно быть больше БПК_{полн.} не более, чем в 1,5 раза, БПК₅ – не более, чем в 2,5 раза. Соотношение ХПК/БПК зависит от состава СВ; для коммунальных - составляет 1,5 – 2,6, для промышленных увеличивается до 3,5 ; для отдельных производств – может достигать до 8 и более.

В следующей таблице приведены данные ХПК, БПК_{полн.}, БПК₅ для отдельных веществ.

Таблица 8

Количество ЗВ в различных веществах, характеризующихся разными показателями

Органическое вещество	Суммарное содержание органических веществ, мг/л			
	БПК ₅	БПК ₂₀	ХПК	ХПК/БПК ₂₀
Анилин	1,76	1,9	2,41	1,27
Фенол	1,10	1,10	2,38	2,16
Уксусная кислота	0,77	0,86	1,07	1,24
Бутилбензол	0,49	0,49	3,22	6,57
Глюкоза	0,53	0,87	1,01	1,16

[14, 42, 23]

20. Определение и значение в процессе биоочистки СВ показателей: а) рН- среды; б) температуры

Ответ:

а) Водородный показатель рН – отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов или $pH = - \lg H^+$. Водородный показатель – количественная характеристика степени диссоциации воды на ионы H^+ и OH^- , соотношение которых определяет кислотность, щелочность или нейтральность среды (раствора).

Вода диссоциирует на ионы H^+ и OH^- . Константа (K) равновесия процесса диссоциации:

$$K = \frac{a_{\text{H}^+} a_{\text{OH}^-}}{a_{\text{H}_2\text{O}}} = 10^{-14},$$

где: $a_{\text{H}_2\text{O}}$, a_{H^+} , a_{OH^-} – активность соответственно воды, ионов H^+ и OH^-

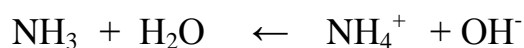
Обозначив $a_{\text{H}^+} a_{\text{OH}^-}$ через $K_{\text{в}}$ (ионное произведение воды), получим $K_{\text{в}} = K a_{\text{H}_2\text{O}} = 10^{-14}$. В нейтральном растворе $a_{\text{H}^+} = a_{\text{OH}^-} = \sqrt{K_{\text{в}}} = 10^{-7}$, значит $\text{pH}=7$. При добавлении кислоты в раствор, pH становится меньше 7, при добавлении щелочи – больше 7; pH определяют с помощью кислотно-основных индикаторов (применяются в виде индикаторных бумаг или в виде растворов); более точно определяют на приборах – потенциометрах.

Большинство бактерий нормально функционируют в нейтральной среде и не могут существовать при pH менее 4 и выше 9.. Но отдельные виды бактерий могут развиваться в кислой и щелочной средах. Оптимальное pH для жизнедеятельности микроорганизмов активного ила – 6,5 – 7,5. При кислой среде в аэротенках снижается обмен веществ у бактерий, происходит дефлокуляция и как следствие – плохая седиментация ила во вторичных отстойниках. При высоком pH (более 9,5) также нарушается обмен и клетки ила гибнут. Сточные воды с pH менее 6,5 и более 7,5 перед биологической очисткой необходимо нейтрализовать. Обычно кислая или щелочная реакция характерна для производственных сточных вод.

Карбамид (мочевина) присутствующая в коммунальных стоках, под действием фермента уреазы гидролизуетсся с образованием аммиака. Аммиак в СВ находится в равновесии с ионом аммония и, известно, что токсичность аммиака больше токсичности аммония. В кислой среде, при pH менее 7,0, в стоках будут преобладать ионы аммония в соответствии с реакцией:



В щелочной среде, при pH более 7,0 реакция идет в обратную сторону и в СВ накапливается аммиак:



Следовательно, при щелочной среде СВ, поступающих на биоочистку, токсичность сточных вод за счет накопления аммиака может значительно увеличиться.

pH СВ может увеличиться за счет гидролиза соединений металлов. Снижение pH в очищенных СВ может уменьшаться после хлорирования и за счет накопления нитратов после нитрификации. Денитрификация повышает pH.

б) По оптимальному значению температур, обеспечивающих жизнедеятельность, микроорганизмы делятся на психрофилов, мезофилов и термофилов.

Психрофилы (психрос – холод) – способны существовать при пониженных температурах (от -8 до 10°C). Большинство психрофилов функционируют при температурах, характерных для мезофилов, поэтому их называют факультативными (необязательными) психрофилами. В отличие от факультативных облигатные (обязательные) психрофилы погибают при температурах, близких к 30°C.

Мезофиллы (мезо – средний) приспособлены к средним температурам (в пределах от 20° до 40°C. Данный температурный интервал нельзя считать строго ограниченным, т. к. есть микроорганизмы образующиеся при температурах ниже и выше указанных. Большая часть микроорганизмов считается мезофиллами.

Термофилы – существуют при температурах 50 – 75°C. Не погибают при пастеризации молока, некоторые из них выдерживают 10-минутное нагревание при температуре 80 – 90°C.

Следует обратить внимание на различие терминов «выживаемость» и «оптимально значение температуры». Оптимум температуры обычно лежит ближе к верхней границе оптимального значения температурного диапазона. Более высокая температура активизирует процессы жизнедеятельности микроорганизмов, которые быстрее растут и размножаются. Это связано с

активацией ферментов, которые состоят, в основном, из белка. Превышение температурного интервала приводит к инактивации белка. При температуре 70°C большинство клеток мезофилов погибает в течение 1 – 5 мин. Термофилы при такой температуре способны расти и размножаться. Споры более устойчивы к нагреванию, чем вегетативные клетки, причем споры термофилов устойчивее, чем споры мезофилов. При кипячении все вегетативные клетки погибают за несколько секунд, а споры многих видов микроорганизмов выдерживают кипячение в течение нескольких часов. Понижение температуры переносится микроорганизмами лучше, чем нагревание. Некоторые виды клеток способны выдерживать однократное замораживание. Оптимальной температурой, при которой максимальна ферментативная активность микроорганизмов ила аэротенков, является интервал 36 – 38°C. Именно при этих температурах достигается максимальная скорость биохимического окисления органики.

[14, 21, 23, 42]

21. Определение и значение в процессе биоочистки показателей: а) концентрация O₂; б) стабильность воды; в) иловый индекс; г) возраст активного ила

Ответ:

а) Процесс окисления органических ЗВ сточных вод осуществляется микроорганизмами активного ила в сооружениях биологической очистки в аэробных условиях. Кислород для окисления органических веществ расходуется до окончания процесса окисления и должен восполняться. Восполнение может быть за счет диффузии из атмосферного воздуха и растворения в воде,- процесс происходящий в естественных условиях, обуславливающий самоочищение водоемов – процесс очень длительный.

Для интенсификации процесса окисления кислородом органических веществ СВ в сооружения биологической очистки принудительно нагнетается турбовоздуходувками воздух (реже кислород). В аэрационных очистных

сооружениях минерализуется органическая часть ЗВ сточных вод и одновременно протекают 2 процесса: потребление O_2 на окисление и растворение его. Пополнение O_2 осуществляется за счет растворения его из атмосферы (в меньшей степени) и за счет искусственной аэрации в толще смеси «СВ - активный ил» (основная часть необходимого кислорода).

Установлено, что микроорганизмы активного ила являются микроаэрофилами и для функционирования им достаточно небольшой концентрации растворенного O_2 . Например, Хаммером (1979г) найден минимальный (критический) уровень O_2 равный 0,2 мг/л; удовлетворительный = 0,5 мг/л. (в соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 при расчетах аэротенков, средняя концентрация растворенного O_2 устанавливается – 2,0 мг/л.

Проведенными исследованиями на БОС «Казаньоргсинтез» установлено, что увеличение концентрации O_2 свыше 3,0-4,0 мг/л не приводит к улучшению качества биоочистки в аэротенках, а даже наоборот (предполагаемые причины ухудшения очистки при высокой концентрации O_2 будут даны ниже). Для каждой системы БОС характерны свои индивидуальные особенности функционирования микроорганизмов, обусловленные множеством всевозможных факторов, одним из основных которых является *оптимальная концентрация растворенного кислорода*. Известно, что минерализация органических ЗВ совершается в две фазы: в первую фазу окисляются углеродосодержащие соединения, в результате которого образуется углекислота и вода; во второй фазе окисляются азотсодержащие соединения сначала до нитритов, затем до нитратов.

Скорость окисления в основной, углеродистой фазе осуществляется с определенной закономерностью: скорость окисления при одинаковой температуре в каждый данный момент пропорциональна количеству органического вещества, находящегося в СВ.

Кислород, как и любой другой газ, растворяется в воде до определенного, насыщающего воду количества. С повышением температуры растворимость O_2 уменьшается. В соответствии с СНиП 2.04.03-85 растворимость кислорода (C_a) определяется по формуле:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6} \right) C_T \text{ . где:}$$

C_T – средняя концентрация кислорода в аэротенке, мг/л;

допускается принимать $C_T = 2$ мг/л;

h - глубина погружения аэратора, м.

б) Для оценки способности СВ к загниванию применяют показатель: *стабильность* воды. Стабильность (S), или относительная стойкость воды - отношение растворенного и связанного O_2 к количеству его, необходимому для окисления органики (то есть БПК), выраженное в процентах. Стабильность связана со сроком t (в сут.) загнивания жидкости следующей зависимостью:

$$S = 100 (1 - 0,794^t) ;$$

Так, при стойкости 50% загнивание начнется на третьи сутки; при стойкости 80%- на седьмые сутки.

в) *Иловый индекс* является физической характеристикой активного ила, характеризующей его качество и выражается отношением объема активного ила в миллилитрах после 30-минутного отстаивания к 1г сухого вещества. Иловый индекс зависит от нагрузки на ил и для каждого биологического сооружения будет свое оптимальное значение индекса. Принято считать для нормально работающих аэротенков значение индекса от 90 до 120 см³/г. Увеличение индекса до 150 – 200 является следствием неудовлетворительной работы аэротенка и приводит, кроме неудовлетворительной очистки, к плохому оседанию ила во вторичных отстойниках и выносу его с очищенным стоком. Снижение индекса обуславливается высокой минерализацией клеточного вещества бактерий или присутствием тяжелых металлов в СВ

г) *Возраст активного ила* – время пребывания микроорганизмов АИ в системе «аэротенки – вторичные отстойники»; зависит от: объема биостанции (суммы объемов аэротенков и вторичных отстойников); количества подаваемых на биоочистку СВ; концентрации АИ в аэротенках; прироста избыточного АИ. Деструктурирующие свойства АИ зависят от возраста. Исследования показали, что молодой ил с большей скоростью окисляет органические соединения

промышленных СВ, но более восприимчив к аномальным нагрузкам. Бактерии старого ила лучше защищены биополимерным гелем, поэтому при поступлении в аэротенки больших концентраций ЗВ или «новых» ЗВ, старый ил ферментативная система старого ила быстрее адаптируется к изменившемуся субстрату. Оптимальный возраст АИ зависит от состава, концентрации ЗВ сточных вод, многих других биотических и абиотических факторов.

[14, 41, 42, 57]

22. Определение и пояснение показателей: а) сухой остаток; б) плотный остаток; в) дегидрогеназная активность

Ответ:

а) *Сухой остаток* – количество всех примесей в воде, остающихся после выпаривания и высушивания пробы. В состав сухого остатка входят *минеральные* и *органические* примеси в *растворенном, коллоидном* и *взвешенном* виде. В состав не входят удаляемые в процессе анализа газы и летучие компоненты.

Сухой остаток, определяемый по мере последовательности очистки сточных вод в сооружениях, является одним из основных показателей, характеризующий эффективность удаления (очистки) взвешенных, коллоидных, растворенных примесей в конкретном сооружении. В сооружениях механической очистки СВ – решетках, песколовках, первичных отстойниках – будут задерживаться в большей степени взвешенные вещества, в меньшей коллоидные, и совсем незначительно – растворенные. Степень уменьшения растворенных веществ в сооружениях механической очистки будет определяться способностью сорбции на хлопьях оседающих взвешенных веществ.

б) *Плотный остаток* - количество растворенных примесей в фильтрате, то есть оставшихся в воде после фильтрования. Разница между сухим и плотным остатком будет соответствовать количеству взвешенных веществ. Плотный остаток состоит из органических и минеральных веществ и в процессе очистки сточных вод уменьшается незначительно. Существуют количественные ограничения плотного остатка в сточных водах, обусловленные, прежде всего, величиной

окислительной мощности биостанции (которая, в свою очередь, зависит от возможностей биодеструкции микроорганизмов активного ила). Предельной величиной плотного остатка в СВ можно считать 10000 мг/л.

в) *Дегидрогеназы* – ферменты класса оксидоредуктаз, катализирующие отщепление водорода от органических веществ, Дегидрогеназы встречаются во всех живых клетках, участвуя в реакциях углеводного и жирового обмена, а также биологического окисления. Оксидоредуктазы – класс ферментов, катализирующих окислительно – восстановительные реакции. Исследованиями биохимических процессов биологической очистки сточных вод установлено, что общая ДАИ, характеризующая его биохимическую активность, изменяется пропорционально общей численности бактерий ила, которая в свою очередь пропорциональна общему количеству потребленных этими бактериями загрязняющих веществ. Снижение ДАИ в процессе очистки свидетельствует об уменьшении очищающей способности ила, что может быть следствием или снижения концентрации ЗВ в очищаемой СВ или присутствием токсичных веществ. Применение оценки ДАИ может быть использовано для определения токсичности СВ; для определения степени регенерации активного ила и полноты окисления ЗВ сточных вод.

[14, 21, 42]

23. Показатели бактериального загрязнения СВ: коли – титр; коли – индекс; ОМЧ; ОКБ; ТКБ; мутагенность; токсичность.

Ответ:

Сточные воды, особенно коммунальные, содержат большое количество болезнетворных (патогенных) микроорганизмов – бактерии брюшного тифа, дизентерии, другие возбудители желудочно-кишечных заболеваний, а также яйца гельминтов (глистов).

Для определения зараженности воды болезнетворными микроорганизмами анализируют СВ на содержание в ней бактерий *группы кишечной палочки* (бактерии *CoIi*), которая являясь типичным представителем кишечной микрофлоры,

сама по себе не является болезнетворной бактерией, а служит показателем наличия экскретов, в которых могут быть патогенные микроорганизмы

Количественным показателем степени бактериального загрязнения СВ является *коли – титр* (титр кишечной палочки) – минимальный объем воды в мл, в котором обнаруживается 1 кишечная палочка

Иногда определяют *коли-индекс* – число бактерий группы кишечной палочки в 1 л воды.

ОМЧ – общее микробное число – количество бактерий всех систематических групп, выросших на мясопептонном агаре при температуре 27°C. Показатель общей бактериальной загрязненности.

ОКБ – общие колиформные бактерии (грамотрицательные, оксидазоотрицательные), не образующие спор палочки, растущие на среде Эндо при температуре 37°C в течение 24-48 час. Это санитарно-показательные организмы, наличие которых позволяет косвенно судить о присутствии *патогенов* в среде. Норма для СВ – 500/100мл; для водоемов – 1000/100мл. *Грамотрицательные, грамположительные* бактерии – градация бактерий по Граму – при окраске по Граму грамотрицательные проявляют розовый цвет, грамположительные – фиолетовый цвет. *Оксидазоотрицательные* – не имеющие фермента оксидазу.

ТКБ – термотолерантные бактерии – растут на среде Эндо при температуре 44°C. Входят в число ОКБ, служат косвенным показателем фекального загрязнения. Норма для СВ и воды водоемов – 100/100мл.

Колифаги – бактериальные вирусы, обладающие свойством лизировать бактерии группы кишечной палочки при температуре 37°C. Образуют зоны лизиса на бактериальном газоне.

Мутагенность – способность того или иного фактора вызывать мутации. Зависит от дозы или концентрации мутагенного фактора, продолжительности воздействия, биологического статуса подвергающегося воздействию объекта. *Мутагены* – факторы, вызывающие наследственные изменения - мутации. Факторы могут быть химические, биологические, физические.

Токсичность – свойство вещества при попадании в организм или окружающую среду вызывать отравление или гибель. Токсикологический тест – тест, в котором вещество заданной концентрации контактирует с определенными организмами с целью определения токсического воздействия вещества на эти организмы.

[14, 19, 21, 22, 42]

24. Характеристика активного ила. Назвать представителей отделов микрофлоры и таксономических групп простейших. Трофические уровни микроорганизмов и связи между уровнями. Представители уровней.

Ответ:

Активный ил – сложная экосистема, в состав которой включен комплекс организмов: представители семи отделов микрофлоры (бактерии, грибы, диатомовые, зеленые, эвгленовые, вольвоксовые микроводоросли, актиномицеты, -актиномицеты по своему строению сходны и с бактериями и с грибами)) и девяти таксономических групп простейших и многоклеточных животных (инфузории, саркодовые, жгутиконосцы, первичнополостные, вторичнополостные, брюхооресничные черви, тихоходки, коловратки, паукообразные). Экосистема активного ила, окисляющая ЗВ, зависит от состава СВ, количества органических загрязнений, наличия трудноокисляемых и токсичных соединений, технологического режима эксплуатации биологических очистных сооружений, включая комплекс биотических и абиотических факторов.

Состояние же активного ила зависит от многих факторов: нагрузки по загрязняющим веществам, коэффициента равномерности нагрузок, концентрации кислорода и активного ила, возраста микроорганизмов, гидродинамического режима в аэротенке, токсичности и мутагенности сточных вод и других факторов.

Микроорганизмы активного ила находятся на трех трофических уровнях :

Первый трофический уровень представлен, в основном, *гетеротрофными бактериями*, некоторыми водорослями, сапрофитными простейшими –

первичными поедателями органических загрязнений. *Второй* трофический уровень составляют *голозойные простейшие* (голозойное питание - питание твердыми частицами, в данном случае – питание представителями первого трофического уровня). *Третий* трофический уровень - *хищные коловратки, сосущие инфузории, тихоходки, хищные грибы*. Микроорганизмы третьего трофического уровня поедают представителей второго уровня.

Представители всех трех уровней выполняют свою соответствующую функцию, обеспечивающую поддержание баланса в кругообороте веществ биоценозом активного ила.

[14, 21, 22]

25. Роль бактерий в процессе биоочистки. Морфология и жизненный цикл бактерий. Зависимость активности бактерий от возраста.

Ответ:

Бактериям принадлежит основная роль в круговороте элементов в природе, в процессе биологической очистки сточных вод, основанном на окислительно-восстановительных реакциях, обеспечивающих деструкцию органических соединений. Бактерии обладают чрезвычайной адаптированностью к изменяющимся внешним условиям, в том числе – неблагоприятным. Благодаря микроскопическим размерам, высокой удельной скорости роста, особенно в проточных условиях, ферментативной системе, бактерии обладают высокой сорбционной и расщепляющей широкий спектр загрязнений способностью.

О жизненном цикле бактерий можно судить по изменению морфологии. Многие аэробные и анаэробные бактерии со временем образуют споры; такие виды бактерий называются спорообразующими.

Споры бактериальные (греч.- *spora*- посев, семя) - овальные или округлые образования, возникающие внутри бактерий. Внутри споры имеется компактное скопление дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК), рибонуклеиновой кислоты (РНК) и белок. Споры устойчивы к воздействию агрессивных, ядовитых веществ, высоких температур. Споры более устойчивы к нагреванию, чем вегетативные

клетки, причем споры термофилов устойчивее, чем споры мезофилов. При кипячении практически все вегетативные клетки погибают за несколько секунд, а споры многих видов бактерий выдерживают кипячение в течение 30 мин. и более. Устойчивость к высоким температурам определяется присутствием в оболочках спор кальциевой соли адипиновой кислоты, предохраняющей от нагревания.

Устойчивость спор к ядовитым и агрессивным средам обеспечивает наличие 4-5 труднопроницаемых оболочек, переходом ферментов в неактивное состояние и меньшим содержанием воды (на 15-20% меньше, чем в вегетативных клетках).

Попадая в благоприятную для жизнедеятельности среду: отсутствие или минимизация токсичных соединений, нормализация рН-среды и температуры, наличие питательных веществ и др., споры прорастают и из них выходят молодые вегетативные клетки.

В результате воздействия естественных и индуцированных мутагенных факторов на молекулу дезоксирибонуклеиновой кислоты, ответственной за хранение и передачу наследственной информации, в процессе роста, размножения бактериальных клеток происходит изменение генотипа и его передача последующим поколениям бактерий. Причем, мутации могут передаваться по наследству большинством бактерий каждой из двух дочерних клеток, появившихся при делении материнской клетки.

[14, 21, 22]

26. Физиологическая активность бактерий. Автотрофы, гетеротрофы, хемотрофы. Аэробные и анаэробные микроорганизмы. Конструктивный и энергетический обмены веществ; их взаимообусловленность в процессе окисления органических соединений.

Ответ:

Для жизнедеятельности микроорганизмов, как и любых организмов, необходим обмен веществ, который состоит из двух взаимообусловленных и параллельно протекающих процессов: расщепления питательных веществ (в

биоочистке – загрязняющих веществ), или диссимиляции, и синтезом организмом этих питательных веществ, или *ассимиляции*.

Взаимообусловленность ассимиляции и диссимиляции заключается в том, что для ассимиляции нужна энергия, выделяемая при диссимиляции, а для диссимиляции необходимы ферменты, вырабатываемые при ассимиляции. Расщепление веществ – экзотермический процесс, сопровождается выделением энергии и называется *энергетическим или основным обменом («в»)*.

Синтез связан с поглощением энергии и называется *конструктивным обменом («а»)*. Конструктивный обмен обеспечивает рост или прирост биомассы микроорганизмов.

Все организмы по способу обеспечения конструктивного обмена (синтеза клеток) своего организма делятся на тех, которые способны синтезировать необходимые им органические соединения самостоятельно из углекислоты, называются *автотрофами*.

Другие, противоположные организмы, строящиеся свой организм из готовых органических веществ, называют *гетеротрофами*. Гетеротрофами являются все представители фауны, микрофауны, грибы, абсолютное большинство бактерий.

Микроорганизмы, получающие необходимую энергию при окислении соединений - называются *хемотрофами*.

При окислении органическое соединение отдает электроны акцептору, сопровождающееся выделением энергии. Акцептором электронов чаще всего является (при биоочистке в аэротенках) свободный кислород - аэробные условия.

Если свободного кислорода нет (анаэробные условия), акцептором электронов служат неорганические соединения, но может служить и органическое соединение.

Большинство бактерий вырабатывают и выделяют фермент- дегидрогеназу, который является основным участником окислительного процесса. Дегидрогеназа отщепляет водород от органического соединения, окисляя его.

Из основного и необходимого условия обеспечения жизнедеятельности организмов - неразрывность и одновременность функционирования двух процессов: распада питательных веществ (энергетического обмена) и синтеза за

счет освободившейся при распаде энергии новых клеток (конструктивного обмена или прироста), можно принять следующие аксиомы:

1) Конструктивный («а») и энергетический обмены («в») функционально зависимы (являются производными) от физиологической активности организма («ф»);

2) физиологическая активность равна сумме конструктивного и энергетического обменов : $\phi = a + b$;

3) для конкретных условий функционирования организма, обусловленных сочетанием биотических и абиотических факторов, физиологическая активность-величина относительно постоянная;

4) для разных условий физиологическая активность разная, но только в границах определенного, конкретного значения абиотических и биотических факторов.

[14, 21, 22]

27. Химический состав и мутагенез бактериальной клетки. Состав ДНК, РНК и их роль в жизнедеятельности бактерий. Мутагенез и виды мутации. Диспергирование хлопьев активного ила.

Ответ:

В состав клеток бактерий входят, как и в состав животных и высших растений, макроэлементы: углерод, кислород, азот, водород, фосфор, калий, сера, магний, железо и др., которые присутствуют в виде углеводов, жиров, белков, РНК, ДНК, воды, минеральных солей.

Внутри клетки бактерии вещества проникают через полупроницаемую клеточную стенку и цитоплазматическую мембрану в растворенном виде. Сложные вещества, не способные проникнуть в клетку, предварительно расщепляются на более простые ферментами, выделяемыми бактериями.

На долю углерода, кислорода, водорода, азота приходится до 98% массы клетки, из них на долю кислорода - 65-75 %.

Вода и минеральные соли.

Воды в клетке содержится от 75 до 90% . Питательные вещества поступают и продукты обмена отводятся из клетки в виде водных растворов. Вода в клетке находится в свободном и связанном состоянии. Связанная вода обеспечивает клетке устойчивость к неблагоприятным внешним факторам.

Содержание минеральных солей в сухом остатке в клетке составляет 5-10%, и потребность в них определяется значением каждого элемента в жизнедеятельности микроорганизма.

Углеводы.

Углеводов в бактериальной клетке в среднем - 12-18% от сухой массы. Соотношение кислорода и водорода в молекуле углеводов такое же, как и в молекуле воды $(\text{C}\text{H}_2\text{O})_n$.

Углеводы делятся на моносахариды (монозы) и полисахариды (полиозы). Из моноз наибольшее распространение имеет глюкоза, а также рибоза и дезоксирибоза, входящие в состав нуклеиновых кислот. К полиозам относятся крахмал, гликоген (животный крахмал).

Бактерии при контакте с ЗВ образуют слизь-биополимерный гель – состоящий в основном из аминокислот и полисахаридов, включающими глюкозу, галактозу, аминсахара. Кроме того, в состав биополимерного геля входят ферменты бактериальных клеток, полипептиды, клетчатка и др.

Липиды.

Липиды состоят из жиров и жироподобных веществ (липоидов); также как углеводы состоят из углерода, водорода и кислорода, но с меньшим количеством атомов кислорода.

Липиды обладают общими свойствами - гидрофобностью. Содержание жиров и липоидов определяется видом микроорганизмов и условиями жизнедеятельности.

Жиры являются источником энергии в клетке - 1г жира выделяет 38,9 кДж энергии.

Белки.

Белки (протеины) - высокомолекулярные природные органические соединения, имеющие фундаментальное значение в структуре и

жизнедеятельности всех организмов. Белки состоят из аминокислот, соединенных между собой полипептидными связями (-CO-NH-). Если белки состоят только из аминокислот, то они называются простыми или протеинами; если в состав белков кроме аминокислот входит небелковая часть – белки называются протеидами – сложные белки. Небелковая часть называется простетической группой. В состав белков входит 20 различных аминокислот.

Молекулярный вес белков составляет от десятков тыс. до 1 млн. и выше. Поэлементный состав белков следующий: углерода - 50,6-54,5%, водорода - 6,5-7,3%, кислорода - 21,5- 24,5%, азота - 15-17,6%, серы - 0,3- 2,5%.

При температуре не превышающей 40⁰С, нейтральной среде, пространственная конфигурация белка характеризуется внутримолекулярной упорядоченностью. При нагревании, изменении рН-среды в сторону кислой или щелочной, происходит изменение конфигурации в состояние беспорядочного клубка - так называемая денатурация белка.

Одной из основных функций белков является каталитическая, - благодаря присутствия в клетке катализатора – фермента - состоящего, в основном, из белка, осуществляются окислительно-восстановительные реакции (основой процесса биоочистки сточных вод является именно ферментативная деструкция загрязняющих веществ).

. *Нуклеиновые кислоты.*

Нуклеиновые кислоты, полинуклеотиды,- высокомолекулярные органические соединения, образованные остатками нуклеотидов. Биологически активные биополимеры, имеющие большое распространение в биоте, присутствующие в каждой клетке живого организма. Впервые были открыты в клеточных ядрах (отсюда название: лат. nucleus - ядро). Позднее были обнаружены и в цитоплазме. Дезоксирибонуклеиновая кислота содержится преимущественно в ядрах клеток, а рибонуклеиновая кислота - в цитоплазме.

Нуклеиновые кислоты состоят из углерода, водорода, кислорода, азота, фосфора и относятся к полимерам. Нуклеиновые кислоты, содержащие рибозу, называют рибонуклеиновыми кислотами (РНК), а содержащие, дезоксирибозу -

дезоксирибонуклеиновыми кислотами (ДНК). Отличие РНК от ДНК заключается в строении - молекула РНК имеет одинарную спираль нуклеотидов, а молекула ДНК - двойную спираль. (Молекулы нуклеиновых кислот построены из мономерных молекул – нуклеотидов).

Молекулы нуклеиновых кислот - длинные полимерные цепочки с большой молекулярной массой, достигающей десятки и даже сотни миллионов, превышающей во много раз длину молекул белка. Специфичность ДНК зависит от последовательности расположения нуклеотидов в цепочке ДНК подобно тому, как специфичность белка определяется последовательностью аминокислот.

Биологическая роль нуклеиновых кислот заключается в хранении, реализации и передаче наследственной информации, «записанной» в молекулах нуклеиновой кислоты в виде последовательности нуклеотидов - так называемого генетического кода. При делении клеток происходит самокопирование ДНК - ее репликация, в результате чего каждая дочерняя клетка получает равное количество ДНК, в которой записана программа действия унаследованная от материнской клетки. Репликация заключается в том, что под воздействием фермента - дезоксирибонуклеазы обе спирали ДНК расходятся; затем каждая из них по принципу комплементарности (комплемент по-латыни означает дополнение) достраивает недостающую. В итоге вместо одной двойной спирали образуется две, абсолютно похожие на родоначальную (материнскую).

Процесс биологической очистки стабильных по составу и свойствам сточных вод (что характерно в основном для коммунальных сточных вод, отличающихся незначительным изменением количества и концентрации загрязнений в течение суток) связан с необходимостью воспроизводства деструкционной способности бактерий активного ила. Данная способность по характеру происхождения может быть или приобретенной (индуцированной) заново, или унаследованной от материнской бактерии.

Приобретение заново деструкционных свойств бактериям нецелесообразно, так как, во-первых, для адаптирования нового поколения бактерий потребуется не менее месяца непрерывного культивирования в проточных условиях, во - вторых,

(и это-главное) принцип работы биологических очистных сооружений основан на обеспечении максимальной эффективности биоочистки за счет рециркуляции микроорганизмов в системе аэротенков, *максимально унаследовавших* способность к расщеплению загрязняющих веществ.

Проблема биоочистки решается благодаря уникальной природной способности нуклеиновых кислот сохранять и передавать каждой из двух новых бактерий, информацию о мобилизации ферментативной активности, требуемой для деструкции тех веществ, которые расщеплялись старой бактерией.

Наследственность передачи информации, связанной с биоочисткой, сохраняется и у спор, ибо споры, также как и клетки состоят (кроме белков) из ДНК и РНК.

При биоочистке сточных вод непостоянного состава, характеризующегося незначительным (<2,5) коэффициентом равномерности (это промстоки и, прежде всего, сточные воды предприятий нефтехимического комплекса), эффективность биодеструкции не адекватна точности сохранения и передачи по наследству информации, касающейся расщепления загрязнений. В данном случае, часто наблюдается обратная закономерность - чем меньше унаследованной информации и больше мутагенез, тем лучше микроорганизмы адаптированы к новым ЗВ и, соответственно, выше эффективность биоочистки.

Для лучшего понимания влияния мутаций на биоочистку, рассмотрим данные изменения в природных процессах более подробно.

Мутагенез.

Мутации - (лат. mutatio - изменение, перемена), возникающие естественно (спонтанные) или вызываемые искусственно (индуцированные) стойкие изменения наследственных структур живой материи, ответственных за хранение и передачу наследственной информации. Свойство мутировать – универсальное качество всех живых организмов, в том числе бактерий, лежащее в основе наследственной изменчивости.

По характеру изменения наследственного (генетического) аппарата мутации подразделяют на геномные, хромосомные и генные или точковые.

Геномные мутации заключаются в изменении числа хромосом в клетках.

Хромосомные мутации - структурные изменения хромосом, захватывающие крупные участки ДНК. Часто возникают под воздействием больших доз излучений, физических и химических факторов.

Генные мутации – стойкие изменения химического строения отдельных генов. Генные мутации наиболее распространенный вид мутаций и не вызывает морфологических изменений. Причиной генных мутаций могут быть химические соединения, различные виды радиации.

Мутации могут возникнуть и спонтанно, без провоцирующего воздействия мутагенов.

В области биологической очистки сточных вод мутации возможны под воздействием комплекса биотических, абиотических факторов. Способность к мутации природных свойств микроорганизмов под влиянием изменившегося состава СВ позволяет справиться микроорганизмам с новыми ЗВ через определенный промежуток времени. Данный промежуток может варьироваться от периода жизнедеятельности одного поколения бактерий до нескольких поколений и зависит от многих факторов.

Мутации, инициированные химическими мутагенами, могут быть генными, хромосомными или геномными.

Задача технолога БОС заключается в том, чтобы на основании комплекса химических и гидробиологических анализов смоделировать оптимальное сочетание факторов, обеспечивающих оптимальную мутацию бактерий).

В связи с развитием производств и применением расширяющегося ассортимента химической продукции, состав и свойства которой не имеют аналогов в природе, изучение индуцированного данными искусственными соединениями мутагенеза, имеет актуальное значение.

Систематически оценка мутагенеза, индуцированного химическими факторами, к сожалению, не осуществляется до сих пор.

[14, 21, 22]

28. Ферменты и их роль в процессе деструкции органических соединений СВ. Схема образования фермент – субстратного комплекса. Специфичность ферментов как катализаторов биохимического окисления. Факторы, определяющие каталитическую активность ферментов.

Ответ:

Ферменты (от лат. fermentum - закваска), или *энзимы* - специфические белковые катализаторы, присутствующие во всех клетках и имеющие важное значение в деградации загрязнителей органического происхождения. Ферменты - своеобразные координаторы и ускорители биохимических процессов снижающие *энергию активации*, необходимую для осуществления реакции. Снижение энергии активации происходит за счет образования фермент – субстратного комплекса:



где: E – фермент ; S – субстрат ; ES – фермент – субстратный комплекс ; P – конечный продукт реакции.

Таким образом, фермент направляет реакцию «обходным» путем, что позволяет молекулам преодолеть энергетический барьер на более низком уровне.

Особенностями биологических катализаторов являются:

1) высокая, по сравнению с неорганическими катализаторами, каталитическая активность. Они увеличивают скорость реакции в $10^8 - 10^{20}$ раз. Например, молекула каталазы за 1 мин расщепляет 5000000 молекул H_2O_2 , при применении неорганического катализатора-железа - на это потребовалось бы 300 лет;

2) специфичность или избирательность, - фермент сахараза, например, разлагает сахарозу, но инертен к другим дисахаридам: лактозе и мальтозе. В формировании соединения между субстратом и ферментом - образовании так называемого фермент-субстратного комплекса - принимают участие не все функциональные группы фермента, а только некоторые – *активные центры*. Уникальная структура активного центра фермента обеспечивает высокое сродство и избирательность протекания одной какой – либо реакции;

3) ферменты очень чувствительны к воздействующим на них факторам, прежде всего, абиотического происхождения - температуры, рН-среды, составу среды. Особенно чувствительны ферменты к высокой температуре. Повышение температуры до определенного предела (выше 40⁰ С) приводит к инактивации процесса выработки бактериями ферментов и реакции ферментативного катализа. При высокой температуре происходит денатурирование белков – основных структурообразователей ферментов. На основании исследований ряда авторов найдено, что оптимальной температурой для микрофлоры активного ила БОС является интервал температур 36-38⁰С. С понижением температуры активность ферментов снижается вплоть до полного подавления, но при повышении температуры активность может восстановиться – инактивации ферментов при понижении температуры не происходит.

Другим важнейшим фактором, влияющим на каталитическую активность ферментов, является величина рН – среды. Причем, для каждого фермента существует свое оптимальное значение рН. Например, пепсин, содержащийся в желудочном соке, максимально эффективен в кислой среде при рН=1-2, фермент трипсин, выделяемый поджелудочной железой, наиболее активен в слабощелочной среде при рН= 8-9.

Состав субстрата и концентрация компонентов оказывают на ферментативные процессы ингибирующее или активирующее действие.

Действие ингибиторов может быть обратимым и необратимым,- в случае обратимого ингибирования активность ферментов при прекращении действия ингибитора восстанавливается; при необратимом процессе действие ингибитора усиливается со временем даже после его локализации и в итоге – может наступить полное прекращение активности фермента;

4) ферменты катализируют те реакции, которые способны осуществляться и без их участия, т. е. не противоречат законам термодинамики. Ферменты не смещают положение равновесия, а лишь ускоряют его достижение.

С точки зрения локализации ферментов их подразделяют на внеклеточные и внутриклеточные.

Загрязняющие вещества промышленных СВ, как правило, имеет длинную и разветвленную структуру, не способную диффундировать в клетку. В этом случае, экзоферменты дробят длинные, разветвленные молекулы на более мелкие фрагменты, которые проникают в клетку.

Ферменты бывают двух видов: ферменты, функция которых заключается в переносе растворенных веществ через мембрану в клетку; окислительно-восстановительные ферменты, с помощью которых осуществляются окислительно-восстановительные процессы, обеспечивающие клетку энергией и синтез.

Скорость переноса растворенных соединений через мембрану в клетку зависит от многих факторов: от степени диссоциации на ионы, от рН-среды, от температуры, от сходности (идентичности) состава клетки и соединения, от разности потенциалов поверхности клетки и окружающей клетку среды..

Благодаря ферментам многократно увеличивается скорость бактериального метаболизма, так например, 1г *Micrococcus* может расщепить 180-1200г мочевины в течение 1ч .

Изменяющиеся внешние факторы (условия), воспроизводимые искусственно в более интенсивной степени, легли в основу создания биологических способов очистки сточных вод в специализированных технических устройствах - аэротенках, биофильтрах и др. В биологических очистных сооружениях с помощью искусственно форсированных параметров: высоких концентраций микроорганизмов за счет рециркуляции субстрата микроорганизмов - активного ила; высоких концентраций кислорода за счет принудительной аэрации; интенсификации гидродинамических и массообменных процессов соответствующим распределением потоков жидкости и воздуха производится селекция адаптированного биоценоза микроорганизмов, способных более быстро и полнее, чем в естественных условиях, очистить сточные воды от загрязняющих веществ. Способность к адаптации в условиях изменившихся внешних факторов воздействия особенно сильно выражена у бактерий, что является, видимо, следствием значительной вариации комплекса физиологических свойств бактерий.

Природный потенциал микроорганизмов позволяет в короткий временной период бактериям перестроить биохимический процесс окисления за счет выработки ферментов, которые «расчленяют» сложную и длинную молекулу органического соединения в составе СВ на отдельные фрагменты, легко диффундирующие через мембрану в клетку. При поступлении токсичных соединений ферменты способны предварительно нейтрализовать соединение, что также свидетельствует о чрезвычайной приспособляемости бактерий благодаря ферментативной системе и их способности к использованию для конструктивного и энергетического обмена широкого спектра веществ.

[14, 21, 22]

29. Классы ферментов в классификации Международного биохимического союза. Схема окисления субстрата ферментом дегидрогеназой. Последовательность индуцирования бактериальной клеткой синтеза ферментов в случаях присутствия в СВ только легкоокисляемых соединений и легкоокисляемых совместно с трудноокисляемыми соединениями.

Ответ:

Согласно рекомендаций Международного биохимического союза, ферменты разделяются на 6 классов: 1) оксидоредуктазы, 2) трансферазы, 3) гидролазы, 4) изомеразы, 5) лиазы, 6) лигазы .

Название ферментов образуется из названия субстрата, на который воздействует фермент. Некоторые ферменты называются по реакциям, которые ими катализируются, например, например, дегидрогеназа – отнимающая водород.

Класс оксидоредуктаз – включает ферменты, катализирующие окислительно-восстановительные реакции - самый распространенный в биоте способ окисления. Биологическая очистка сточных вод основана на применении в производственных условиях данного способа.

К классу оксидоредуктаз относятся ферменты: 1) дегидрогеназы, отнимающие водород от окисляемого субстрата, 2) каталазы, расщепляющие пероксид водорода, 3) пероксидазы, с помощью которых кислород, входящий в состав молекулы

пероксидов, окисляет различные соединения. Окисление субстрата ферментом дегидрогеназой можно представить в виде следующей схемы:



где: А - субстрат, Е – фермент.

Перенос двух атомов водорода с участием дегидрогеназ происходит путем переноса двух протонов H^+ и двух электронов в виде гидрид – иона H^- .

Субстрат, отдающий водород, называется донором, а фермент его принявший – акцептором. Фермент принимает водород, окисляя субстрат, далее водород передается веществам, восстанавливая их. Происходят окислительно-восстановительные реакции, сдвиг реакций в ту или другую сторону очень трудно искусственно регулировать и это регулирование направления реакций остается важнейшей задачей технологов, занимающихся оптимизацией практической реализации различных вариантов направлений окислительно-восстановительных реакций в зависимости от изменяющихся условий - комплекса биотических, абиотических факторов и зачастую изменяющихся конечных целей. Например, в области биоочистки сточных вод, особенно промышленного происхождения, отличающихся многообразием и непостоянством состава, эффективность биоочистки, в основном, определяется эффективностью *окислительного* процесса и, учитывая, заданность по качеству и количеству поступающих на биоочистку сточных вод (субстрата А) и невозможность его изменения, интенсифицировать процесс окисления субстрата возможно регулированием технологических параметров.

В зависимости от использования кислорода дегидрогеназы подразделяются на две группы: аэробные, способные передавать присоединенный водород кислороду, и анаэробные, не способные использовать кислород воздуха или, в случае биоочистки сточных вод,- не способные использовать в качестве акцептора водорода растворенный в иловой смеси кислород. Анаэробные дегидрогеназы могут использовать связанный в соединениях кислород, например, в окисленных соединениях азота - нитратах и нитритах

В зависимости от использования кислорода дегидрогеназы подразделяются на две

группы: аэробные, способные передавать присоединенный водород кислороду, и анаэробные, не способные использовать кислород воздуха или, в случае биоочистки сточных вод,- не способные использовать в качестве акцептора водорода растворенный в иловой смеси кислород. Анаэробные дегидрогеназы могут использовать связанный в соединениях кислород, например, в окисленных соединениях азота - нитратах и нитритах.

. Водород анаэробные дегидрогеназы передают органическим соединениям или аэробным дегидрогеназам.

Аэробные дегидрогеназы, использующие в качестве акцептора водорода кислород, называются оксидазами. При восстановлении оксидазами кислорода получается вода или пероксид водорода. Субстратом для оксидаз служат восстановленные формы аэробных или анаэробных дегидрогеназ и органические соединения.

Чем интенсивнее бактериальная клетка окисляет субстрат, тем выше концентрация в клетке дегидрогеназ и выше, соответственно, дегидрогеназная активность.

Синтез ферментов и расщепление субстрата

В бактериальной клетке одновременно находится несколько тысяч химических соединений, в том числе белков, причем количество одних соединений постоянно, других – непрерывно изменяется. Численность и активность ферментов дегидрогеназ определяется необходимостью осуществления окислительно-восстановительных реакций.

В клетках практически постоянно находится некоторое минимальное количество «дежурных» ферментов, направленность окислительной возможности которых обеспечивает деструкцию веществ или одинакового состава с составом микроорганизмов (коэффициент идентичности близок к 1), или ранее адаптированных к новому составу веществ. При изменении состава субстрата бактерии начинают индуцировать новые ферменты, которые способны расщепить измененный субстрат.

Благодаря описанному процессу торможения синтеза ферментов микроорганизмами продуктами реакции клетка функционирует экономично и синтезирует только те соединения, которые необходимы.

В процессе биоочистки СВ требуется индуцировать синтез фермента, детерминирующего деструкцию загрязняющего вещества субстрата, так как обычно для деструкции новых соединений ферментов или нет, или их недостаточно. Свойство бактериальных клеток индуцировать синтез недостающих ферментов, востребованных необходимостью адаптирования конструктивного и, особенно, - энергетического обмена веществ микроорганизмов в изменившихся условиях, является основополагающим в функционировании систем биологической очистки сточных вод.

Следует обратить внимание на то, что свойство системы блокировать синтез недостающих клетке ферментов до тех пор, пока не закончится расщепление более известного и легкоокисляемого ингредиента, делает клетку способной избирательно синтезировать только отсутствующие соединения. Но для биоочистки сточных вод данное свойство имеет свои положительные и отрицательные стороны. «Плюс» в том, что последовательность в синтезе фермента позволяет экономно тратить окислительно-восстановительный потенциал микроорганизмов и уберечь их от отрицательного воздействия залповых, концентрированных сбросов ЗВ. Кроме того, это свойство обуславливает и основное преимущество биологических очистных систем, особенно, для промышленных сточных вод нестабильного состава (с коэффициентом равномерности $< 2,5$): большая инерционность (период аэрации в аэротенках - 15 - 22 час.).

«Минус» заключается в потере времени на первоначальную деструкцию более легкоокисляемых соединений.

[14, 21, 22]

30. Способы обеззараживания СВ. Эффективность, преимущества и недостатки каждого из способов. Характер («механизм») бактерицидного воздействия обеззараживающего реагента.

Ответ:

Для обеззараживания СВ, содержащих патогенную микрофлору, применяются химические, физические, физико - химические способы, эффективность применения которых зависит от многих факторов:

- начальной концентрации бактерий и вирусов;
- содержания загрязняющих органических и минеральных веществ в СВ;
- концентрации взвешенных веществ в очищенной воде;
- температуры;
- рН среды и др.

Обеззараживание СВ химическим способом является наиболее простым техническим решением, чаще других способов, применяемым в промышленности и в коммунальном хозяйстве.

Одним из галогенов, применяемых традиционно для обеззараживания, является хлор. В практике могут использоваться диоксид хлора ClO_2 , гипохлорит натрия NaClO и гипохлорит кальция $\text{Ca}(\text{ClO})_2$

Бактерицидное воздействие хлора и его соединений носят физиологический характер. Хлор вступает во взаимодействие с протеинами и аминосоединениями, которые содержатся в оболочке бактерий и ее внутриклеточном веществе, в результате чего изменяется внутриклеточное вещество, структура клетки и прекращается жизнедеятельность бактерии,

Основным недостатком хлора (и всех хлорсодержащих реагентов) - является побочное образование галогенопроизводных соединений, большую часть которых составляют хлороформ, дихлорбромметан, хлорфенол, трихлорфенол, метилхлороформ и другие производные (всего их идентифицировано 11). Большинство хлоропроизводных соединений обладают онкогенным (канцерогенным) и мутагенным действием. При взаимодействии фенола, содержащегося как в сточной воде, так и в природных водоемах, образуются

хлорфенольные соединения – *диоксины*, - особо опасные яды даже в микроскопически малых концентрациях. Диоксины - биологически активные хлорорганические токсичные соединения, с величинами ПДК на уровне сотых и тысячных мг/л, воздействующие на популяцию рыб, фито- и зоопланктон, зообентос и нарушающие процесс самоочищения водоемов.

Несмотря на высокую эффективность по отношению к патогенным бактериям, хлорирование при дозе остаточного хлора 1,5 мг/л не обеспечивает необходимой эпидемической безопасности в отношении вирусов - эффективность обеззараживания хлором по термотолерантным колиформным бактериям (ТКБ) не выше 97,0-98,0%. К хлору, как и другим хлорсодержащим средствам обеззараживания, с течением времени микроорганизмы адаптируются.

При хлорировании образуются хлорорганические соединения, обладающие, по данным многочисленных российских и зарубежных исследователей, высокой токсичностью, мутагенностью и канцерогенностью, способные аккумулироваться в донных отложениях, тканях гидробионтов и в конечном счете по трофическим цепям попадать в организм человека. Эти соединения обладают высокой стойкостью к биодеструкции и вызывают загрязнения рек на значительных расстояниях вниз по течению. Оценка по индексу токсичности для дафний показала, что хлорированная вода является остротоксичной для этих тест-объектов .

В процессе хлорирования образуются и хлорамины, способные, по данным многих авторов, даже при очень низких концентрациях вызывать серьезные физиологические изменения гидробионтов и даже их гибель.

Воздействие даже низких концентраций хлора (на уровне 0,01 мг/л) снижает на 50-100% способность фитопланктона поверхностных водоисточников усваивать нитратный и аммонийный азот в результате инактивации ферментов, отвечающих за усвоение неорганического азота, что ухудшает возможности эффективного самоочищения водоемов.

Возможные побочные эффекты, возникающие при хлорировании сточных вод, могут проявиться в виде:

- образования диоксинов и их предшественников в сточных водах и воде водоемов;

- образования биологически активных хлорорганических соединений;

- токсический эффект на водные организмы, в частности, на популяцию всех видов рыб;

- нарушение процессов самоочищения водоемов.

В результате применения других химических реагентов также образуются токсичные продукты, практически не поддающиеся разрушению. В последнее время, как альтернатива хлору, все более активно пропагандируется *озон*.

Озону, как реагенту, и *озонированию*, как процессу, приписываются «чудодейственные» свойства, лишённые каких-либо недостатков.

На самом деле, объективное сопоставление окислительных свойств озона и хлора, побочных продуктов и эксплуатационных факторов, делает проблематичным вопрос выбора между хлором и озоном при определении способа обеззараживания. Озонирование является технически сложным, энергозатратным и дорогостоящим процессом. Озон, благодаря сильной окислительной способности разрушает клеточные стенки, мембрану, окислительно-восстановительную систему бактерий. Соответственно, такими же свойствами озон способен воздействовать и на человека. Озон обладает высокой токсичностью и высокой ингаляционной опасностью. Кроме того, озон при окислении органических соединений, всегда в той или иной концентрации присутствующих в воде, образует побочные продукты: кетоны, органические кислоты, пероксиды, бромсодержащие соединения, формальдегид- вещество II-ого класса опасности.

Из-за насыщения озono-воздушной смесью вода приобретает высокую окислительную способность и становится коррозионно-активной. Особенно возрастает коррозионная активность при повышении температуры и при снижении давления в системе (снижается растворимость кислорода в воде), что требует применения высоколегированных кислотостойких нержавеющей сталей не только для изготовления оборудования озонаторов, но и для всей системы

транспортирования воды в водоем-приемник и к потребителю после водоподготовки.

Следующий способ обеззараживания - *ультрафиолетовая обработка*, - малоэффективен; требует для применения прозрачной, практически без взвешенных частиц, воды, - дезинфицирующая активность зависит от мутности воды и ее жесткости (образования отложений солей жесткости на поверхности лампы), осаждения частиц активного ила и органических загрязнений на поверхности лампы; полное отсутствие «последствия» (отсутствие гарантий вторичного биозагрязнения воды в сетях). Кроме того, для ультрафиолета требуется практически идеальное напряжение в сети, так как малейшие колебания в сети изменяют длину волны - необходим отдельный независимый, мощный источник энергопитания. При ультрафиолетовой обработке отсутствует возможность оперативного контроля за эффективностью обеззараживания воды.

Диоксид хлора – альтернативный дезинфектант, который может применяться только на месте получения; высокоопасное и токсичное вещество. Образует хлораты и хлориты, придающие воде неприятный специфический запах и вкус.

Гипохлорит натрия - неэффективен против цист; образует побочные хлорорганические мутагенные и канцерогенные продукты; теряет активность при хранении; выделяется при хранении газообразный хлор.

[14, 42, 28, 29]

31. Побочные эффекты при хлорировании СВ. Химизм хлорирования и образующиеся хлоропроизводные соединения. Устойчивость, токсичность, мутагенность, канцерогенность хлоропроизводных соединений. Образование в воде водоемов фенолхлоропроизводных соединений за счет присутствия в воде хлора и фенола естественного происхождения. Влияние хлоропроизводных соединений на здоровье населения.

Ответ:

Среди большого количества веществ, поступающих с промышленными стоками в водоемы, важное в гигиеническом отношении место занимают фенолы.

Из применяемых в настоящее время санитарно-гигиенических приемов обесфеноливания СВ наиболее эффективными являются биологические методы очистки. Однако, самый оптимальный технологический режим биологической очистки не обеспечивает полную деструкцию фенольных соединений. Особенно токсичны для микрофауны и человека соединения фенола с хлором. Фенолы и соединения фенола с хлором – фенолохлорпроизводные - присутствуют в воде водоемов не только в результате сбросов со сточными водами, но и постоянно в тех или иных концентрациях (особенно в период цветения водоемов) имеются в воде за счет естественных процессов. В водоемах с большими площадями, небольшой глубиной и медленным течением, которых за несколько последних десятилетий в России появилось множество (например, Волга с каскадами водохранилищ) в летний период усиленно размножаются сине-зеленые водоросли. Питательной средой для сине-зеленых водорослей являются биогенные элементы, поступающие с коммунальными и производственными сточными водами.

По некоторым данным, концентрация хлорсодержащих соединений в воде водоемов в период интенсивного цветения достигает 14,5-15,3 мг/л и даже 5-и минутное кипячение воды уменьшает концентрацию лишь на 13%.

В природных условиях в воде водоемов возможно образование предшественников диоксинов: 2,4,5- трихлорфенола, 2,4,6- трихлорфенола, пентахлорфенола за счет присутствия в воде свободного хлора и фенола природного происхождения. Процесс синтеза указанных соединений активизируется в условиях смещения рН в сторону щелочной среды (что происходит в период цветения водоемов) и увеличения концентрации ионов железа. Железо является катализатором реакций взаимодействия хлора и фенолов. (Концентрация железа в Куйбышевском водохранилище составляет $0,33\text{мг/л}$ при ПДК = $0,1\text{мг/л}$)

Считают, что существует прямая причинно-следственная зависимость частоты хромосомных aberrаций, частоты ряда онкологических заболеваний (рак кишечника, мочевого пузыря, органов репродукции, печени) от концентрации хлоропроизводных соединений (ХПС) в питьевой воде. Установлено, что

образовавшиеся ХПС очень устойчивы к воздействию температур, давлению и других физических факторов. С течением времени концентрация ХПС в сточной воде не уменьшается, а даже, наоборот, что является подтверждением устойчивости этих соединений (табл. 9).

Таблица 9

*Концентрация хлоропроизводных соединений в сточных водах
через разное время после хлорирования*

Наименование ингредиента	Интервал после внесения хлора, минут			Средняя величина
	30	45	60	
Хлорэтил	0,19	0,26	0,34	0,26
Дихлорметан	5,8	6,4	6,9	6,4
1,2-Дибромпропан	0,11	0,15	0,16	0,14
Метилхлороформ	12,7	13,4	13,9	13,3
Хлороформ	0,37	0,41	0,51	0,43

Лабораторные исследования результатов хлорирования волжской воды (в контрольной пробе через 60 минут) показали, что также, как и при хлорировании сточной воды, но в меньших концентрациях, образуются ХПС: хлороформ- 0,003 мг/л; хлорэтил- 0,001 мг/л; дихлорметан – 0,01 мг/л; метилхлороформ- 0,07 мг/л. Данный факт подтверждает наличие органических соединений в водоеме.

Подтверждением токсичности и мутагенности хлорорганических соединений являются результаты исследований, представленные в табл. 10.

Таблица 10

Токсичность и мутагенность сточных вод ОАО «Казаньоргсинтез» после биоочистки и хлорирования

Периодичность исследования	Токсичность, %		Мутагенный эффект, %	
	n	M ± m	n	M ± m
Контрольная	26	1,23±0.31	26	1,08±0.26
Сточная вода после внесения хлора	35	5,26±1,42	35	6,02±0.94
Сточная вода хлорированная через 30 мин.	35	7,4 ±1,64	35	7,15±1.75
Сточная вода хлорированная через 60 мин.	35	7,86 ±2,1	35	7,94±1,44

На основании данных, представленных в таблице можно сделать вывод о том, что:

- токсичность и мутагенность превышают контрольный анализ в 5- 7 раз;

- с увеличением времени экспозиции токсичность и мутагенность увеличиваются.

В таблицах 11 и 12 представлены результаты исследования мутагенности и токсичности сточных вод предприятия «Казаньоргсинтез» после обеззараживания хлором и без обеззараживания.

Таблица 11

Токсичность и мутагенный эффект сточных вод после хлорирования

N п/п	Материал исследования	n	Токсичность, % M±m	n	Мутагенный эффект, % M±m
1	Контрольная проба	26	1,23±0,31	26	1,08±0,26
2	Сточная вода на выходе из очистных сооружений	80	7,86±2,11	80	7,94±1,44
3	Сточная вода на расстоянии 5 км.	6	7,9±1,4	6	8,1±0,4
4	Сточная вода на расстоянии 10 км.	6	9,1±0,5	6	8,2±1,1
5	Сточная вода на расстоянии 16 км	6	7,86±2,11	6	7,94±1,44

Таблица 12

Токсичность и мутагенный эффект сточных вод без хлорирования

N п/п	Материал исследования	n	Токсичность, %, M±m	n	Мутагенность, %, M±m
1	Контрольная проба	26	1,23±0,31	26	1,08±0,26
2	Сточная вода на выходе из очистных сооружений	60	3,6±0,4	60	3,9±0,6
3	Сточная вода на расстоянии 5 км	60	3,4±0,09	60	3,3±0,7
4	Сточная вода на расстоянии 10 км	60	3,6±0,8	60	4,0±0,6

Из данных в таблицах 11 и 12 видно, что в процессе транспортирования происходит увеличение токсичности и мутагенности хлорированных сточных вод, что объясняется образованием в процессе хлорирования различных хлорорганических продуктов трансформации.

Токсичность и мутагенность сточных вод без хлорирования значительно ниже, чем при хлорировании, и при транспортировании не претерпевает значительных изменений.

Основным неблагоприятным фактором, влияющим на здоровье населения, являются галогенопроизводные соединения, обладающие выраженной биологической активностью.

Основная часть галогенопроизводных соединений образуется в первые 4-5 часов после дозирования хлора,- в последующие часы формируются более стойкие соединения, не разрушающиеся при кипячении, хранении и не подвергающиеся очистке современными технологиями водоподготовки. Индикатором содержания в воде хлоропроизводных принято считать *хлороформ*.

Выявлена связь между дозой хлора и развитием рака желудка.

Л.М. Мелесова с соавторами (1990г) показали, что хлороформ, хлорметилен могут проникать через плацентарный барьер, действуя крайне отрицательно на плод.

Доказана коррелятивная зависимость между содержанием в питьевой воде дибромхлорпропана и других галогенопроизводных соединений и раком желудка, лейкозами, развитием аутоиммунных процессов, злокачественных новообразований.

Установлена связь между мутагенностью и канцерогенностью и показано, что не менее 80% химических канцерогенов вызывают генные мутации и хромосомные aberrации.

Результаты исследований заболеваемости населения, проживающего в районе выпуска СВ предприятий, коммунального городского хозяйства Казани и ниже по течению Волги и сравнения с заболеваемостью остальных сельских районов РТ, показали:

1. Частота заболеваемости по основным нозологическим формам населения В-Услонского, Лаишевского, К-Устьинского районов значительно выше заболеваемости остального сельского населения Республики Татарстан.

2. Население трех указанных районов, также как и все население других сельских районов РТ, подвергается риску воздействия неблагоприятных факторов,

вызывающих заболеваемость и летальный исход, однако статистические данные свидетельствуют о значительном различии в заболеваемости.

Учитывая официально признанный вывод специалистов об обусловленности 80% заболеваемости некачественной водой, высокую токсичность, канцерогенность, мутагенность хлорорганических соединений и их устойчивость во времени, можно сделать вывод о причинно-следственной связи между концентрацией загрязняющих веществ, и прежде всего хлорорганических соединений, в воде Куйбышевского водохранилища в районе Казани и далее вниз по течению, и заболеваемости населения.

[24, 28, 29, 30, 34, 35, 36, 57]

32. Возможность исключения реагентного обеззараживания и применения технологии безреагентного обеззараживания, использующей естественные процессы антагонизма патогенных микроорганизмов и сапрофитной микрофлоры активного ила аэротенков.

Ответ:

Известны существующие в природе антагонистические взаимоотношения между сапрофитной микрофлорой воды и большинством патогенных или условно патогенных для человека микроорганизмов.

Задачей практического использования в области обеззараживания сточных вод естественного антагонизма микроорганизмов является определение *степени антагонизма*.

Степень антагонизма обусловлена санитарным потенциалом микроорганизмов, зависящим от конкурентных отношений за источник питания. Известно, что после контакта с активным илом количество бактерий группы кишечной палочки, обнаруженных в надилловой жидкости, снижается в 3-5 раз по сравнению с числом этих же бактерий, обнаруженных в исходном субстрате, то есть проявляется естественная способность активного ила воздействовать на бактерии группы кишечной палочки и уменьшать их численности.

Санитарно-бактериологический эффект ила обеспечивается сорбционной способностью активного ила, которая, в свою очередь, обуславливается зооглейной структурой микробных ассоциаций.

Недостатком известного способа, основанного на антагонизме микроорганизмов, является то, что санитарные показатели очищенного стока не соответствуют требованиям, предъявляемым санитарно-эпидемиологическим надзором.

В каждом конкретном случае биоочистки сточных вод существует свой «набор» технологических параметров биотического и абиотического происхождения, поэтому для достижения необходимой степени санитарно-гигиенической безопасности необходимо предварительно исследовать различные режимы работы биостанций и определить максимально эффективный.

Необходимо определить оптимальные технологические параметры обеззараживания бытовых СВ с помощью избыточного активного ила (АИ) для обеспечения необходимой степени санитарно-гигиенической безопасности за время цикла полной биологической очистки по всем регламентируемым показателям.

Для достижения цели предложена трёхстадийная система безреагентного биологического обеззараживания бытового стока избыточным АИ в комплексе с промышленным стоком.

Определение возможности обеспечения максимальной эффективности обеззараживания бытовых стоков основано на установлении *оптимального соотношения основных абиотических факторов - дозы ила, объёма ила, времени контакта с активным илом, концентрации кислорода, соотношении объёмов бытовых стоков, активного ила, промышленных стоков на различных этапах (стадиях) обеззараживания.* Количество этапов (стадий) определяли экспериментально по мере достижения максимально возможной эффективности (99 %) обеззараживания и норм санитарных правил.

[21, 38, 57]

33. *Механическая очистка СВ и основные сооружения механической очистки*

Ответ:

Механическая очистка применяется для удаления из СВ нерастворенных загрязняющих веществ процеживанием, фильтрованием, отстаиванием. Для задержания крупнофракционных отходов применяют процеживание через *решетки и сита* различной конструкции. Отстаивание применяют для выделения взвешенных веществ мелких фракций с удельным весом более, чем удельный вес воды, в сооружениях – *песколовках, первичных отстойниках*. Для улавливания нерастворенных в воде веществ, удельный вес которых меньше удельного веса воды (жиры, нефтепродукты, масла, нерастворимые углеводороды и пр.), применяются сооружения – *жироловки, нефтеловушки, смолоуловители, маслоуловители*. Иногда для задержания указанных ЗВ с малым удельным весом применяют не отдельные сооружения, а встроенные (комбинированные) в первичные отстойники

Песколовки устанавливаются после решеток по технологической цепочке сооружений механической очистки и предназначены для освобождения СВ от тяжелых минеральных примесей (в основном песка) с размерами частиц 0,09 – 0,5мм и более.

Песколовки в зависимости от траектории движения СВ бывают: *горизонтальные, вертикальные, аэрируемые*.

Для усреднения по составу и концентрации производственных СВ, отличающихся непостоянством характеристик, на стадии механической очистки применяются сооружения – *усреднители*. Кроме выравнивания концентрации СВ в усреднителях происходит отдув легколетучих соединений.

После песколовки СВ, освобожденные от средних и крупных фракций минеральных загрязнений, поступают для задержания более мелких взвесей в *первичные отстойники*. В первичных отстойниках происходит седиментация нерастворенных взвешенных и коллоидных частиц на дно и всплытие

нерастворимых примесей (углеводороды, масла, жиры и пр.), не задержанных на предыдущих стадиях очистки.

Первичные отстойники в зависимости от направления движения жидкости и от конструкции бывают: *горизонтальные, вертикальные, радиальные, двухъярусные.*

[14, 42]

34. Конструкции, принцип действия неподвижных, подвижных и совмещенных с дробилками решеток. Типы стержней и способы очистки решеток. Исходные данные для расчетов решеток и конечные (расчетные) параметры.

Ответ:

Решетки по способу очистки от задерживаемых отходов подразделяются на очищаемые вручную и механизированные. Решетки с удалением с них отходов вручную (обычно граблями) устанавливаются на небольших очистных сооружениях – не более 100м³ в сутки. Ширина прозоров (расстояние между стержнями) должна быть минимальной, обеспечивающей максимальное задержание отходов. Обычно ширина прозоров принимается равной 16мм. При данном расстоянии между стержнями задерживается не более 5 – 15 процентов отходов от их содержания в СВ. При проектировании и выборе оптимального расстояния между стержнями решеток, кроме производительности очистных сооружений, другим фактором является способ подачи СВ на решетки; при самотечной подаче эффективность задержания отходов будет выше, чем при напорной подаче при одинаковом прозоре, так как напором воды, создаваемом насосом, часть более мелкой фракции отходов будет продавливаться через прозоры. При уменьшении прозоров с 16 до 2мм эффективность задержания отходов может увеличиваться до 20 раз. Кроме того, уменьшение прозоров, на которых задерживается более мелкая фракция отходов, создает фильтрующий слой на решетках, что способствует дополнительному изъятию более мелких фракций. Положительная функция решеток заключается и в том, что задержанный на

решетках и осевший слой из мелких фракций отходов, создает подпор и, соответственно повышает уровень СВ в приемной камере. Повышение уровня в камере увеличивает время нахождения СВ в анаэробных условиях, что, в свою очередь, способствует гидролизу мочевины и образованию аммиака из азотсодержащих соединений, в результате чего СВ поступает более подготовленной к биоочистке в аэротенках - не тратится время на разложение азотсодержащих соединений и уменьшается количество аммиака в аэротенках.

Механизированная очистка решеток применяется на очистных сооружениях большой производительности и осуществляется движущимися граблями, зубцы которых входят в прозоры между стержнями решеток. Каркас решеток прикреплен к цепной передаче с двух сторон решетки и приводится в движение электродвигателем. На крупных очистных сооружениях предусматривается отдельно стоящее здание решеток.

Стержни решеток в сечении могут иметь форму квадрата, многоугольника или круга. Круглая форма стержней оказывает минимальное, по сравнению с прямоугольной формой, гидравлическое сопротивление, но подвержены обволакиванию волокнистыми отходами. В современных конструкциях решеток используют каплевидную форму сечения стержней, которая обладает минимальным гидравлическим сечением и меньше обволакивается отходами.

При расчете решеток необходимо определить: *а) размеры решеток; б) потери напора*, возникающие при прохождении СВ через решетку. Ширину решетки, число прозоров, площадь живого сечения рассчитывают в зависимости от заданной скорости течения СВ через решетку и расхода СВ. Потери напора также определяют по соответствующей формуле.

В настоящее время применяются устройства, совмещающие функции решеток и дробилок, так называемые решетки – дробилки (или комминаторы). Принцип работы комминаторов заключается в следующем. Комминатор устанавливают в камере с круговым движением воды или непосредственно на напорном трубопроводе. Внутри комминатора вращается барабан с прозорами шириной b –

10мм, который задерживает и отбрасывает отходы к режущему устройству. Измельченные режущим устройством отходы снова поступают в СВ для дальнейшей очистки.

[14, 42]

35. Назначение песколовков и оптимальная гидравлическая крупность задерживаемых частиц. Типы песколовков. Исходные данные для проектных расчетов песколовков и требуемые конечные параметры. Способы удаления осадка из песколовков. Эффективность, технологические и эксплуатационные преимущества и недостатки каждого типа песколовков.

Ответ:

Необходимость удаления песка (или обусловленность применения песколовков) вызвана следующими причинами:

- 1) неудаленный песок накапливается в первичных отстойниках, уменьшая их полезный объем и затрудняя удаление осадка из первичных отстойников;
- 2) при задержании песка в первичных отстойниках возникают проблемы при обезвоживании осадка на площадках и дальнейшей утилизации осадка;
- 3) осаждение песка в первичных отстойниках вместо песколовков приводит к частичному выносу песка с осветленной СВ из отстойников в аэротенки и вторичные отстойники, что вызывает увеличение зольности активного ила, уменьшение окислительной мощности аэротенков, забиванию аэрационных каналов, увеличению выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников и в итоге – к ухудшению качества очищенных СВ;
- 4) неудаленный в начальной стадии механической очистки песок, обладая абразивными свойствами, при транспортировании разрушает внутреннюю поверхность трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, железобетонных сооружений, насосов.

Расчет песколовков, проектирование, строительство и последующая их эксплуатация должны обеспечить выполнение двух основных технологических задач:

- задержание минеральных частиц (песка) минимального размера; более мелкие частицы песка в большей степени агрегируются с взвешенными и коллоидными частицами, в составе которых тяжелые металлы, нефтепродукты, что уменьшает нагрузку по трудноокисляемым веществам на аэротенки;
- песок должен быть максимально чист, то есть содержать минимальное количество органических примесей. Присутствующие в песке органические загрязнения должны окисляться в аэротенках, являясь питательным легкоокисляемым субстратом для микроорганизмов активного ила; кроме того, если органика оседает на песке и удаляется с песком на песковые площадки, то это приводит к загниванию органической части, затруднению дренирования воды и зловонию.

Примечание: один из основных принципов, который необходимо соблюдать при выборе проектных технологических схем очистных сооружений и последующем проектировании, следующий: чем больше ступеней (сооружений) механической очистки перед биохимической очисткой (аэротенками) , тем стабильнее и эффективнее процесс биоочистки.

Работа песколовок основана на действии гравитационных сил.

Песколовки по траектории (направлению) движения воды бывают:

- *горизонтальные* с прямоточным или круговым движением воды;
- *вертикальные*, в которых вода движется снизу вверх;
- *аэрируемые* песколовки.

Горизонтальные песколовки

В проекте на песколовки определяется размер частиц песка которые необходимо удалить и гидравлическая крупность (гидравлической крупностью называется скорость оседания частиц).

Практика эксплуатации песколовок показывает, что наиболее эффективны из всех типов песколовок – *горизонтальные песколовки с прямолинейным движением воды с плоским днищем*. Осевший песок сдвигается скребками к приямку, при этом происходит частичный отмыв песка от органики. Из приямка песок удаляется

гидроэлеватором, во время транспортирования песчаной пульпы происходит дополнительный отмыв песка от органики.

При движении СВ, частицы песка испытывают воздействие сил различного направления: горизонтально направленной силы движения потока жидкости от входа в песколовку и вертикально направленной гравитационной силы. Задачей проектантов при расчете песколовки является подбор такого режима движения в песколовке, при котором скорость оседания (гравитационная крупность) должна превышать горизонтально направленную силу, но в тоже время это превышение не должно обуславливать осаждение мелких фракций песка с органическими веществами. Для горизонтальных песколовки такой оптимальной скоростью является интервал 0,3 – 0,15 м/сек. При этом время пребывания СВ в песколовке принимается 30 – 60 сек.

Количество песка СВ и фракционный его состав зависит от многих факторов, основными из которых являются следующие: состав СВ; особенностей системы канализации - уклон, диаметр и протяженность канализационного коллектора, количества врезок (пересечений) внутриквартальных труб в магистральный коллектор, типы и количество колодцев и др.

К горизонтальному типу песколовки относят и *песколовки с круговым движением СВ*, отличающиеся круговым движением воды. Конструкцией данных песколовки предусмотрено поддержание во взвешенном состоянии органических примесей за счет кругового движения воды и «сползание» осадка (песка) по наклонной нижней части песколовки в конус, откуда по мере накопления удаляется гидроэлеватором. Песколовки с круговым движением воды менее эффективны и, поэтом, не нашли широкого применения.

Вертикальные песколовки

Принцип работы вертикальных песколовки заключается в том, что СВ в песколовку подводится снизу и поднимаясь восходящим вращательным потоком вверх, освобождается от частиц песка. На частицы песка, кроме гравитационных сил, дополнительно воздействуют силы поперечной циркуляции. СВ вводится по касательной песколовки в двух противоположных нижних точках. Сечение

подводящего канала перед песколовкой подбирается такое, чтобы скорость движения была не более 0,4 м/сек. Средняя скорость восходящего потока в песколовке должна быть около 30 мм/сек, продолжительность отстаивания - 3,5 мин.

Удаление песка производится гидроэлеватором с использованием осветленной воды из первичных отстойников. Недостатком вертикальных песколовок является чувствительность к изменению нагрузки.

Аэрируемые песколовки

В аэрируемых песколовках создаются два направления движения воды: поступательное (горизонтальное) и вращательное. Вращательное движение обеспечивается подаваемым через смонтированные на дне аэраторы воздухом. Аэрируемые песколовки могут быть горизонтальные и вертикальные. Нагнетаемым через аэраторы воздухом и трением друг о друга частиц песка обеспечивается отмыв песка от обволакивающих его органических загрязнений. Скорость поступательного движения жидкости – 0,001 – 0,1 м/сек; продолжительность пребывания воды в песколовке – 1,3 – 3 мин; количество подаваемого воздуха – 2 – 3 м³ на 1 м² поверхности песколовки в час. Осадок из аэрируемых песколовок содержит минимальное количество органических примесей – 5 – 10% - и при хранении не загнивает. Увеличив время пребывания СВ в аэрируемых песколовках, можно использовать их в качестве преаэраторов.

[14, 42]

36. Назначение, принцип работы, схема усреднителя промышленных СВ секционного типа с диагональным лотком (усреднителя конструкции Ванякина)

Ответ:

Резкие колебания состава, концентрации и количества СВ отрицательно действуют на работу последующих по технологической цепочке БОС. Ферментативная система микроорганизмов активного ила не успевает адаптироваться к изменяющимся загрязнениям и часто возникающим стрессовым ситуациям, что приводит к снижению деструкции ЗВ. «Рваные» режимы по

нагрузкам увеличивают вынос взвешенных веществ с очищенной водой из вторичных отстойников.

Для исключения или минимизации указанного в схему механической очистки СВ предусматривают сооружения – усреднители.

Наиболее часто применяемыми и наиболее эффективными являются *усреднители с диагональным лотком* (иногда называют усреднителями Ванякина, - по имени изобретателя усреднителей). Данный усреднитель представляет собой прямоугольный в плане железобетонный резервуар глубиной около 3м и размерами по периметру – 25 × 25 м (размеры усреднителя зависят от количества СВ). Резервуар разделен между собой продольными вертикальными железобетонными перегородками на отдельные секции. Обычно каждый усреднитель разделен на 8 отдельных секций. В противоположных по короткой стороне (с торца) каждой секции имеются окна в верхней части для ввода СВ. По диагонали усреднителя расположен диагональный лоток, в котором имеются окна (прямоугольные сквозные отверстия). Окна предусмотрены в каждой секции с двух противоположных сторон лотка и предназначены для поступления СВ из секции в диагональный лоток. На дне усреднителя в каждой секции смонтирован перфорированный трубопровод, через который подается сжатый воздух.

Принцип работы усреднителя следующий: СВ после песколовок поступают в каждую из 8-и секций усреднителя практически одновременно и, следовательно, одинакового в данный промежуток времени концентрационного состава. Далее расстояние от входа с торца секции до выхода, или входа в диагональный лоток, разное и в каждой отдельной секции и во всех секциях усреднителя. Разность во времени прохождения разного расстояния от входа в каждую секцию до диагонального лотка обуславливает одновременное поступление в диагональный лоток СВ разного состава и концентраций,

Кроме того, дополнительно усредняться СВ будут за счет перемешивания массы жидкости в усреднителях воздухом..

Второе назначение воздуха в усреднителях – отдув легколетучих фракций (например, ацетона) производственных сточных вод.

37. Назначение первичных отстойников; подразделение отстойников в зависимости от направления движения жидкости; от режима работы. Основы теории расчета горизонтальных отстойников. Что такое равнодействующая скорость движения взвешенных частиц в горизонтальном отстойнике и какова ее оптимальная величина?

Эффективность, технологические и эксплуатационные преимущества, недостатки каждого отстойника. Способы удаления осадка из отстойников.

Ответ:

. В первичных отстойниках происходит седиментация нерастворенных взвешенных и коллоидных частиц на дно и всплытие нерастворимых примесей (углеводороды, масла, жиры и пр.), не задержанных на предыдущих стадиях очистки.

Первичные отстойники в зависимости от направления (траектории) движения СВ бывают 4-х типов: *горизонтальные, вертикальные, радиальные и 2-х ярусные.*

Первые три типа отстойников применяются для очистки производственных, коммунальных и смешанных сточных вод, как на стадии механической очистки в качестве первичных отстойников, так и на стадии биохимической очистки в качестве вторичных отстойников. 2-х ярусные отстойники применяются только на коммунальных СВ для задержания и последующего анаэробного сбраживания органических отходов.

По режиму работы первичные отстойники бывают периодического и непрерывного действия.

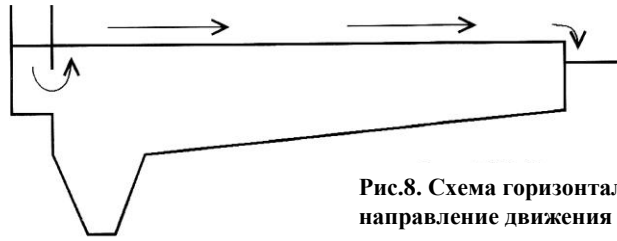


Рис.8. Схема горизонтального отстойника и направление движения в нем потока сточных вод

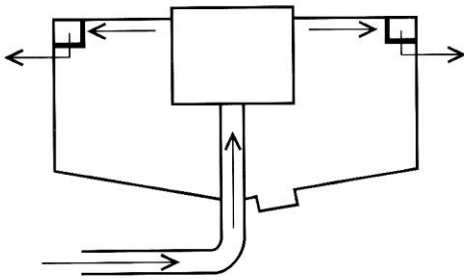


Рис.9. Схема радиального отстойника и направление движения в нем потока сточных вод

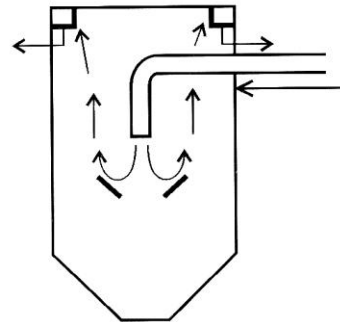


Рис.10. Схема вертикального отстойника и направление движения в нем потока сточных вод

Горизонтальные первичные отстойники

Горизонтальный отстойник представляет собой прямоугольный в плане железобетонный резервуар

В данных отстойниках жидкость поступает с торцевой (короткой) стороны через водослив (переливной желоб) по всей ширине отстойника. На расстоянии 0,5 – 1,0 м от переливного желоба от ввода жидкости в отстойник) для гашения скорости и выравнивания направления движения (уменьшения равнодействующей скорости) устанавливается полупогруженная струенаправляющая перегородка. Для задержания всплывающих в отстойнике эмульгированных веществ (жиры, масла, углеводороды) в конце отстойника на расстоянии от водослива устанавливается вторая полупогруженная перегородка (доска). Поэтому, расчетная (полезная) длина отстойника меньше общей (строительной) длины.

Расчетами определяют скорость осаждения взвешенных веществ и размеры отстойников. Равнодействующая скорости осаждения должна быть максимально приближена к створу переливной стенки в конце отстойника для более полного использования длины (объема) отстойника. В то же время необходим запас длины

для исключения выноса взвешенных веществ с осветленной водой в случае ухудшения гидродинамических условий эксплуатации.

При проектировании горизонтальных отстойников для коммунальных СВ согласно СНиП рекомендуется принимать:

- расчетную глубину отстойной (проточной) части 1,5 – 3,0 м;
- продолжительность отстаивания – 1,5 часа но, учитывая хорошую переносимость осадка анаэробных условий, продолжительность отстаивания может быть увеличена;
- скорость движения жидкости – не более 7мм/сек;
- длину отстойника можно определить по формуле: $L = v \cdot t$, где v , t – скорость и время движения жидкости.

С торцевой стороны отстойника в донной его части имеется приямок, куда сгребается осадок скребковым механизмом и затем откачивается на шламовые площадки насосом, или гидроэлеватором, или эрлифтом. Плавающие вещества удаляются через прорези поворотной трубы.

Горизонтальные отстойники получили наиболее широкое распространение ввиду высокой эффективности осаждения взвешенных веществ (до 60%).

Вертикальные первичные отстойники

Представляют собой цилиндрические (чаще всего) или квадратные в плане резервуары с коническим днищем, расположенным под углом не менее 45° для лучшего сползания выпавшего осадка в нижнюю коническую иловую часть отстойника.

В зависимости от впуска СВ отстойники бывают с центральным и периферийным впуском (последние применяются очень редко).

В вертикальных отстойниках с центральным впуском СВ подводится к центральной трубе и опускается по ней. Внизу опускная труба расширяется (раструб) и на некотором расстоянии (обычно 0,5 – 0,7м) от низа опускной трубы установлен отражательный щит. Назначение раструба и отражательного щита:

- уменьшение скорости воды;

- изменение направления движения с вертикального нисходящего на вертикальное восходящее и горизонтальное;
- распределение воды по всему сечению отстойника и предотвращение взмучивания осадка в иловой части.

За счет изменения направления движения жидкости при истечении из вертикальной опускной трубы и уменьшения скорости движения происходит выпадение нерастворенных примесей (осадка). Осадок накапливается в нижней конусной (иловой) части отстойника и по мере накопления удаляется по илоотводящему трубопроводу под давлением гидростатического столба жидкости в отстойнике. В вертикальных первичных отстойниках, которые служат для осветления СВ на стадии механической очистки, осадок удаляется периодически по мере накопления. В вертикальных отстойниках, которые служат в качестве вторичных на стадии биологической очистки аэробные гетеротрофные микроорганизмы активного ила, осаждающегося внизу отстойника, без доступа кислорода не могут находиться более 2-х часов (после 2-х часов ил загнивает). Кроме того, осаждающийся ил должен непрерывно циркулировать в системе биоочистки: аэротенк – вторичный отстойник – регенератор – аэротенк, поэтому осевший осадок (АИ) отбирается по илоотводящей трубе и отводится из отстойника *непрерывно*.

Частицы нерастворенных примесей в вертикальном отстойнике испытывает воздействие двух сил, придающих частицам определенную скорость: вертикально направленной вверх силы под воздействием восходящего потока жидкости, придающей частицам скорость V_v ; вертикально направленной вниз силы под действием силы тяжести (гравитационной силы)-, частицы приобретают скорость V_n . Необходимым условием осаждения частиц является соотношение скоростей: $V_n > V_v$. Согласно СНиП V_v принимается равной 0,7 мм/сек.

Эффективность задержания взвешенных веществ в вертикальных отстойниках по сравнению с горизонтальными ниже на 15 – 20% и, обычно не превышает 45%.

Радиальные отстойники

Представляет собой круглый в плане резервуар, в котором вода движется по радиусу (отсюда название – радиальный), от центра к периферии. Скорость движения воды в радиальном отстойнике изменяется, - в отличие от горизонтальных и вертикальных отстойников, - от максимальной в центре, до минимальной на периферии.

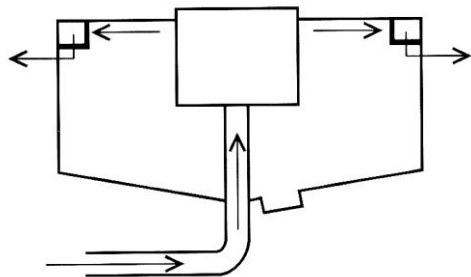


Рис.11. Схема радиального отстойника и направление движения в нем потока сточных вод

Радиальные отстойники могут служить в качестве *первичных* для удаления взвешенных веществ из промышленных или коммунальных сточных вод. Также радиальные отстойники аналогичной в принципе конструкции, но с небольшими изменениями, устанавливаются для отделения активного ила и очищенных сточных вод после биологической очистки, - в этом случае называются *вторичными радиальными отстойниками*.

В *первичных* радиальных отстойниках, устанавливаемых на промышленном стоке и, особенно, на коммунальных СВ, для улавливания взвешенных веществ с удельным весом менее удельного веса воды - легких примесей (нефтепродукты, масла, жиры) предусматриваются устройства – жироловки.. В первичных радиальных отстойниках осадок может откачиваться периодически по мере накопления, но обычно типовыми конструкциями предусматривается емкость приямка, рассчитанную на количество осадка, выпавшего в течение 4-х часов.

Оптимальный временной промежуток между откачками осадка коммунальных СВ зависит от многих факторов – нормы водоотведения, состава осадка, количества СВ, способа откачки (плунжерные или центробежные насосы, гидроэлеватор, эрлифт), требованиями к влажности осадка, определяемыми способом дальнейшей утилизации (метантенки, илоуплотнители, фильтр-пресс, вакуумный фильтр, иловые площадки, компостирование и др.) и, поэтому, в каждом конкретном случае устанавливается экспериментальным путем на

основании предварительных лабораторных исследований содержания жирных кислот, щелочности, влажности, зольности, токсичности и др. анализа.

В радиальный отстойник исходная СВ подводится по вертикальному трубопроводу снизу вверх, из которого изливаются в отстойную часть через распределительное устройство. Распределительное устройство представляет собой цилиндр (кольцо), вращающийся вместе с илососом, нижняя часть распределительного устройства погружена на 1,0 – 1,2 м. Верхняя часть распределительного устройства также открыта и выступает над уровнем жидкости в отстойнике на 50 – 70 мм. Одним из основных конструктивных факторов, от которых зависит эффективность работы радиальных отстойников, является глубина погружения кольца и горизонтальность его расположения. При излишней заглубленности кольца в жидкость произойдет изменение направления движения и скорости жидкости с вертикально нисходящей на частично вертикально восходящую и горизонтальную в более нижних слоях жидкости, непосредственно в отстойной части отстойника, что вызовет «взбаламучивание» осадка, увеличению скорости и уменьшению эффективности фазового разделения. При недостаточной глубине погружения кольца, на выходе из нижнего створа кольца жидкости будет превалировать горизонтальная скорость над вертикально – нисходящей, что приведет к повышенному выносу взвешенных веществ с осветленной водой. Отклонение по горизонтали для водослива отстойника диаметром 16 м допускается не более 1 мм.

Следует обратить внимание на то, что некоторыми авторами для обеспечения более равномерной скорости движения жидкости на выходе из отстойника рекомендуется водослив делать зубчатым. Но в этом случае, уменьшается длина окружности водослива на величину общей длины зубьев, уменьшение длины водослива вызовет увеличение скорости слива жидкости в пространстве, ограниченном зубьями. Увеличение скорости перелива на водосливе создаст переход ламинарного движения к турбулентному, что будет обуславливать дополнительный вынос взвешенных веществ с осветленной водой.

В последнее время стали применяться радиальные отстойники с периферийным подводом СВ.

Дно радиальных отстойников должно иметь уклон от периферии к центру не менее 0,1 (по СНиП 2.04.03-85 уклон должен быть 0,005- 0,05).

Применяемые жестко закрепленные на ферме скребки илоскребов при вращении оставляют «мертвую» зону между скребками и между крайним скребком и стенкой отстойника. Более эффективными являются шарнирно закрепленные скребки, которые при вращении перекрывают граничные зоны, не оставляя мертвых пространств.

Радиальные отстойники менее восприимчивы к колебаниям гидравлических нагрузок по сравнению с вертикальными отстойниками. Эффективность очистки СВ у них достигает 50%. Основными типовыми размерами являются диаметры: 16, 18, 24, 28, 30, 33, 40, 50, 54 метра (за рубежом радиальные отстойники строят диаметром 6 – 60м). Соотношение диаметра и глубины (высоты) отстойников определяется многими факторами, среди которых основными являются *технологические*: максимально возможное время нахождения осадка в анаэробных условиях; максимальное значение равнодействующей горизонтальной и вертикальной скоростей движения взвешенных частиц, обеспечивающая седиментацию частиц на расстоянии, не превышающим диаметр отстойника; *эксплуатационные*: наличие свободных площадей, обеспечивающих размещение отстойников и оптимальные разрывы между сооружениями для проезда вспомогательной автотехники и механизмов при ремонте; простота обслуживания и ремонтов; и др. Оптимальной является глубина отстойника равная 0,15 – 0,18 диаметра.

В практике эксплуатации вторичных вертикальных и радиальных отстойников основным недостатком является повышенный вынос взвешенных веществ с очищенной водой. Основными причинами являются следующие:

- 1) большая гидравлическая нагрузка на отстойники;
- 2) большая концентрация активного ила (большая доза) в аэротенках (более 4,0 г/л по беззольному веществу);

- 3) интенсивная подача воздуха в аэротенки, вызывающая измельчение (дробление) хлопьев ила в отдельные микроорганизмы и затруднение сорбции ЗВ на хлопьях АИ;
- 4) соотношение БПК₂₀/ХПК в поступающих на биоочистку СВ менее 0,3 (большая концентрация трудноокисляемых соединений);
- 5) высокая острая и хроническая токсичность СВ;
- 6) интенсивная денитрификация, обусловленная наличием анаэробных зон в аэротенках и вторичных отстойниках, сопровождаемая захватом и выносом из иловой зоны на поверхность вместе с пузырьками азота частиц ила;
- 7) неровная (не горизонтальная) поверхность водосливных лотков, наличие водораспределительной гребенки (зубьев), - приводит к увеличению местной скорости движения жидкости ;
- 8) недостаток кислорода во вторичных отстойниках, приводящий к загниванию ила ($O_2 < 1,0$ мг/л); 9) недостаток кислорода в аэротенках (менее 1,0 мг/л);
- 10) нитчатое или гелевое вспухание ила;
- 11) высокая щелочность или кислотность в аэротенках.

[14, 42]

**38. Назначение и принцип работы преаэраторов и биокоагуляторов.
Эффективность, преимущества и недостатки.**

Ответ:

Для интенсификации процессов механической очистки сточных вод применяют *преаэрацию* – предварительную непродолжительную аэрацию СВ в специально предназначенных для этого сооружениях – преаэраторах или в подводящих каналах. Процесс аэрации заключается в том, что при аэрации происходит флокуляция и коагуляция взвешенных мельчайших частиц, удельный вес которых близок к удельному весу воды. В результате флокуляции и коагуляции частицы укрупняются и легко седиментируют в отстойниках. Преаэраторы устанавливают перед первичными отстойниками или совмещают с ними. Продолжительность преаэрации составляет 10-20 мин, расход воздуха – $0,5 \text{ м}^3$ на

1м³ СВ. Эффективность осаждения взвешенных веществ и снижения БПК в первичных отстойниках увеличивается на 5-8%.

Если в преаэратор добавляют избыточный активный ил, то процесс называется

биокоагуляцией. Биокоагуляция более эффективна, так как кроме коагуляции, флокуляции и сорбции, происходит и биохимический процесс окисления легкоокисляемой органики. Эффективность осветления СВ за счет биокоагуляции по сравнению с осветлением в отстойниках без биокоагуляции возрастает на 30%, БПК₂₀ снижается на 35%.

[14, 42]

39. Конструкция, принцип действия площадок для обезвоживания осадка. Требования к дренажу. Исходные данные для расчета площадок и конечные определяемые параметры площадок. Какие газовые соединения выделяются с поверхности и с глубины площадок?

Ответ:

Обезвоживание сырых и сброженных осадков коммунальных, промышленных сточных вод на площадках, является наиболее простым и распространенным способом, позволяющим снизить содержание воды с 91 - 94% (осадок после 2-х ярусных отстойников, метантенков) и 96 – 98% (несброженный избыточный активный ил, сырой осадок после первичных радиальных отстойников коммунальных СВ, осадок после песколовок, первичных отстойников промстока) до 75-80%.

Площадка (карта) представляет собой прямоугольной формы углубление в земле глубиной 1,5-2,0 м, по периметру имеющую наклонные откосы. На дне вдоль длинной стороны площадки имеются дренажные канавки (каналы) прямоугольного сечения шириной 1,0 м и высотой до 0,6 м.

Дно карты, откосы по периметру, дно и стенки дренажных каналов покрыты бетоном или асфальтом во избежание просачивания сточных вод в грунт и подземные водоисточники.

Дренажные каналы делаются с уклоном 0,003 в сторону приемных дренажных колодцев и засыпаются щебнем разной крупности, через который фильтруется вода.

Размеры карты могут быть разными и зависят от количества осадков, которые требуется обезводить. Например, для станций средней производительности карта в плане имеет ширину 30-35м и длину 80-100м. Для удобства эксплуатации в части очередности напуска осадка, выдерживания необходимого времени высыхания, дренирования воды и ремонта, обычно располагают в комплексе несколько карт. Каждая карта отделена от соседней трапециевидным валиком с наклонными бетонированными бортами. Верх разграничительного вала служит одновременно для разводки распределительных труб (или лотков) для напуска осадка и для прохода обслуживающего персонала.

Для регулирования напуска осадка по соседним картам и в пределах одной карты по разным ее участкам, разводящие ответвления труб (или лотков) оборудованы регулирующими шиберами (заслонками).

Подача осадка для обезвоживания производится обычно насосами (но возможно и под действием гидростатического давления, если перепад высот по рельефу местности позволяет) в приемную камеру, находящуюся непосредственно перед площадкой и, затем, самотечно распределяется между соседними картами.

Дренированная из осадка вода стекает в нижнюю точку дренажного канала карты и далее поступает в сборный колодец, откуда в приемную камеру дренажной станции. Из приемной камеры дренированная сточная вода, содержащая остаточные органические и минеральные ЗВ, центробежными насосами перекачивается в голову очистных сооружений - на сооружения механической и биологической очистки.

Площадь площадок зависит, кроме количества осадка, от структуры и состава осадка, от климатических условий. Эффективность обезвоживания осадка в разные времена года разная. Нагрузку осадка на иловые площадки в $\text{м}^3/\text{м}^2$ в год со среднегодовой температурой воздуха 3-6°C и среднегодовым количеством

атмосферных осадков до 500 мм надлежит принимать в соответствие со СНиП 2.04.03-85 по табл. 13.

Таблица 13

Нагрузка на иловые площадки

Характеристика осадка	Годовая нагрузка в м ³ /м ² год на площадки с асфальтобетонным основанием с дренажом
Сброженная в мезофильных условиях смесь осадка из первичных отстойников и активного ила	2,0
То же в термофильных условиях	1,5
Сброженный осадок из первичных отстойников и осадок из 2-х ярусных отстойников	2,5
Аэробно стабилизированная смесь активного ила и осадка из первичных отстойников или стабилизированный активный ил	2,0

Согласно СНиП 2.01.03-85 при проектировании иловых площадок надлежит принимать рабочую глубину карт-0,7-1м; высоту оградительных валиков- на 0,3 м выше рабочего уровня; ширину валиков поверху- не менее 0,7 м, при использовании механизмов для ремонта 1,8-2м; уклон для разводящих труб или лотков- по расчету, но не менее 0,01, число карт- не менее четырех.

Искусственное дренирующее основание площадок должно составлять не менее 10% площади карты.

В осадках (особенно в сырых осадках), выгружаемых на площадки, всегда присутствуют в той или иной степени органические компоненты, которые подвергаются аэробному и анаэробному разложению. При аэробном разложении в верхнем слое осадка выделяются жирные кислоты, аммиак, сероводород, двуокись углерода и др. При анаэробном (на дне площадок) сбраживании выделяются метан, сероводород, углекислота, в небольших количествах могут присутствовать (при

сбраживании некоторых осадков) - бензол, толуол, дихлорэтан, тетрахлорметан и другие токсичные вещества.

Основными недостатками площадок являются:

- необходимость наличия больших площадей;
- продолжительность (до года) процесса обезвоживания осадка и зависимость от климатических условий;
- значительная трудоемкость удаления осадка с площадок;
- загрязнение атмосферы продуктами деструкции, выделяемыми при аэробном и анаэробном разложении органических соединений осадков.

[14, 42]

40. Способы и технические устройства для механического обезвоживания осадков. Принцип действия, схема технических устройств. Эффективность, технологические преимущества и недостатки каждого устройства.

Ответ:

Илоуплотнители.

Наиболее часто в качестве таких сооружений применяются вертикальные отстойники представляющие собой круглые железобетонные (могут быть прямоугольной формы) в плане резервуары с конусным днищем. Сточная вода подводится по центральной вертикальной трубе с раструбом в нижней части. Под раструбом снизу расположен отражательный щит, который выполняет двойную функцию: изменяет направление движения жидкости с вертикального нисходящего на вертикальное восходящее и частично- горизонтальное; уменьшает (гасит) скорость движения жидкости.

За счет изменения скорости и направления движения происходит седиментация взвешенных частиц сточных вод в конусную часть илоуплотнителя. Днище конусной части илоуплотнителя выполняется под углом около 60° для получения более концентрированного осадка за счет лучшего сползания осадка по наклонному дну (конусу).

От нижней конусной части илоуплотнителя снизу вверх смонтирован трубопровод, через который выпавший на дно осадок под давлением гидростатического столба жидкости самотечно отводится в приемную камеру. Далее из приемной камеры осадок откачивается насосом в дозировочный бак метантенков.

Осветленная сточная вода переливается через верхнюю кромку (борт) илоуплотнителя в водосборный кольцевой лоток и далее отводится на биочистку.

Размеры илоуплотнителя и их количество, необходимое для параллельной работы определяется

в каждом конкретном случае расчетом исходя из заданных параметров эксплуатации - производительности по общей гидравлической нагрузке; исходной концентрации взвешенных частиц (осадка) в СВ; конечной концентрации.

Основным недостатком илоуплотнителей, является невысокая эффективность обезвоживания- влажность осадка снижается всего на 4-5% и составляет на выходе 91 - 94%. Дальнейшее концентрирование осадка за счет увеличения времени нахождения в илоуплотнителях ограничено возможностью разложения органики без доступа кислорода в отстойной части, выделением сероводорода, других продуктов распада и возможностью забивки илоотводящей трубы комками слежавшегося осадка. Максимально допустимое время нахождения осадка в илоуплотнителях- 2 часа.

В практике илоуплотнители удовлетворительно зарекомендовали себя только для концентрирования избыточного ила с БОС.

Вакуум-фильтр.

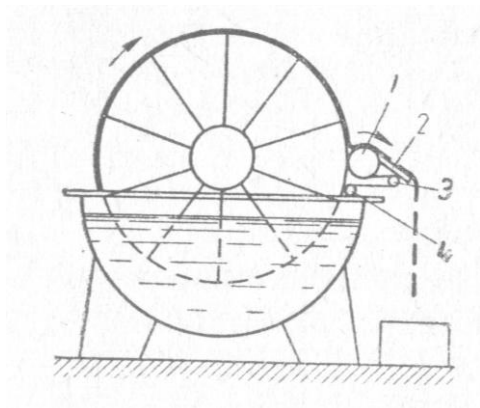


Рис.12. Схема вакуум-фильтра
1 - вращающийся ролик; 2-нож; 3-натяжной ролик; 4-направляющий ролик;

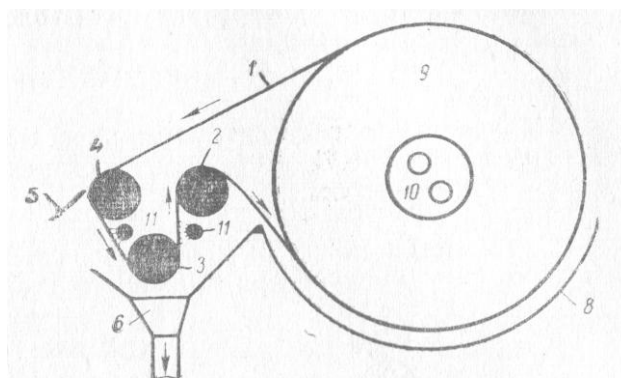


Рис.13. Схема вакуум-фильтра в непрерывной регенерации фильтровальной ткани
1 - фильтроткань; 2 - возвратный ролик; 3-натяжной ролик; 4-разгрузочный ролик; 5-нож для съема кека; 6-желоб промывной воды; 7- отвод промывной воды; 8-корыто фильтра; 9-барабан фильтра; 10-распределительная головка; 11- трубы с насадками для промывки ткани.

Представляет собой цилиндрический горизонтально расположенный барабан, обтянутый капроновой или хлорвиниловой фильтрующей тканью. В качестве фильтрующего материала может применяться стеклоткань, хлопчатобумажная ткань, латунная сетка.

Барабан разделен радиальными перегородками на несколько отдельных фильтрующих камер (секторов) и погружен на 1/3 высоты (диаметра) в корыто, в котором находится обезвоживаемый осадок. Каждая секция (камера) барабана находится поочередно или под вакуумом, или под давлением. Во время погружения камеры в корыто с осадком, в камере создается вакуум и осадок под вакуумом прилипает слоем 10-30мм к фильтровальной ткани снаружи барабана. Затем, камера с прилипшим осадком (еще пока под вакуумом) медленно выходит из жидкости в корыте и подходит к съемному ножу. В этот момент отключается вакуум в камере и создается избыточное давление компрессором. Одновременно прилипший к ткани обезвоженный осадок срезается ножом и падает в приемный бункер, откуда плунжерными насосами перекачивается на сбрасывание в метантенки.

Избыточное давление, сменяющее вакуум в камере в момент выхода ее из корыта, разрыхляет прилипший к ткани осадок и дополнительно отдувает воду из осадка, тем самым облегчая съем осадка.

Процесс обезвоживания осадка происходит сначала под вакуумом на выходе камеры барабана из корыта, затем под давлением воздуха, сменяющего вакуум.

Для повышения обезвоживания перед вакуум - фильтрацией осадок иногда коагулируют. В качестве коагулянта применяют обычно хлорное железо или 10% раствор сернокислого окисного железа и негашеной извести.

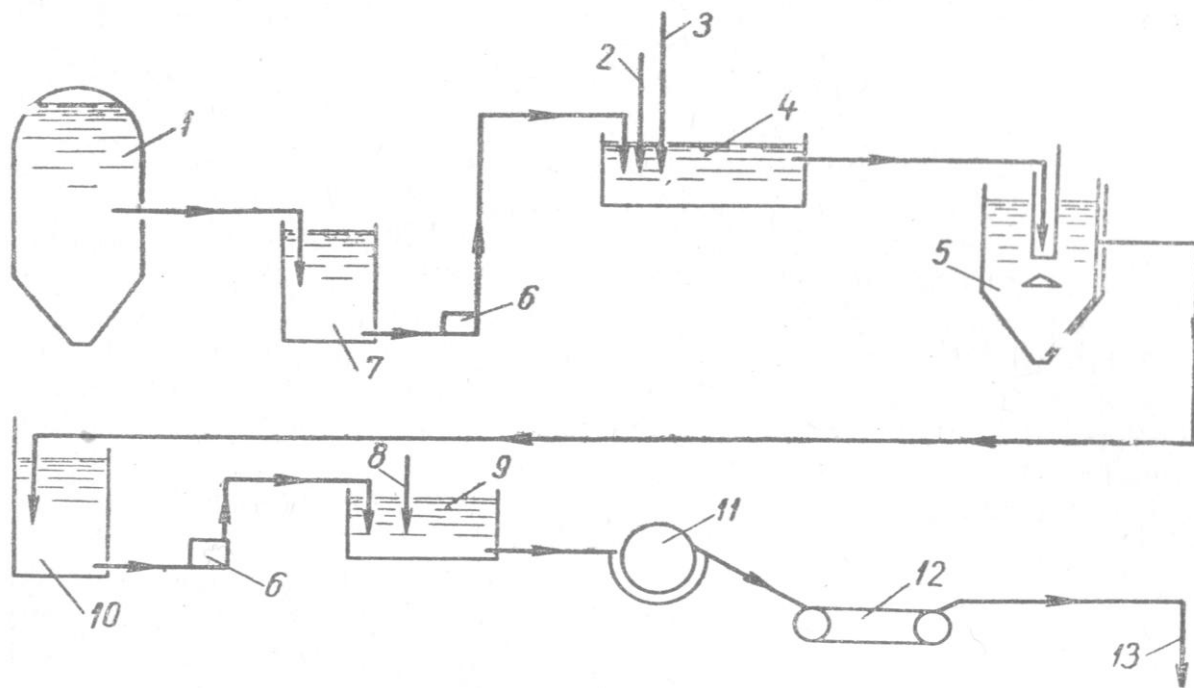


Рис.14. Схема механического обезвоживания осадка

1 -метантенк ; 2 –подача воды;3-подача сжатого воздуха;4-промывка осадка; 5 уплотнитель; 6- плунжерный насос;

7- мерный резервуар; 8-подача коагулянта; 9-отделение коагулирования; 10-резервуар уплотнительного осадка:

Но следует предупредить, что коагулянты при этом ингибируют (особенно хлоросодержащие коагулянты) физиологический обмен веществ микроорганизмов при деструкции органики в метантенках. В ряде стран (Германия, Англия, Швейцария) вместо коагулирования перед обезвоживанием применяется тепловая обработка осадка при температуре 140-200°С. Преимуществом данного способа заключается в следующем: осадок лучше отдает воду; стерилизуется осадок; не ингибируется активность бактерий в метантенке.

Влажность отфильтрованного осадка после вакуум – фильтров составляет 79-80%.

Быстрое заиливание фильтровальной ткани является основным недостатком вакуум фильтров.

Центрифугирование осадков

Основными элементами центрифуги являются конический ротор со сплошными стенками и полый шнек. Ротор и шнек вращаются в одну сторону, но с разными частотами. Под действием центробежной силы частички твердой фазы

отбрасываются к стенкам ротора и вследствие разности частоты вращения ротора и шнека перемещаются к отверстию в роторе, через которое обезвоженный осадок попадает в приемный бункер осадка. Осветленная сточная вода через противоположное отверстие в роторе отводится на дальнейшую очистку. Влажность обезвоженного осадка после центрифуги составляет 60-80%.

Основной недостаток центрифугирования в том, что фильтрат после центрифуги выходит с высоким содержанием частиц осадка и требуется дополнительная механическая очистка. По этой и другим причинам способ не нашел широкого применения.

Фильтр- пресс

Основным фильтрующим элементом фильтр- пресса является блок из нескольких фильтровальных плит, обтянутых фильтровальной тканью. Осадок под давлением плунжерными насосами продавливается через ткань.

Влажность осадка после фильтр- пресса – 65 – 75%. Недостатками являются: 1) необходимость частой замены фильтровальной ткани по причине забивке пор ткани; 2) ненадежность конструкции опор и направляющих роликов фильтровальных плит приводит к частым поломкам узла.

Сушилки с кипящим слоем

Процесс сушки основан на том, что через слой инертного материала (щебень, песок), находящегося в сушилке на газораспределительной решетке, пропускается снизу вверх поток газотеплоносителя с определенной скоростью. При этом частички инертного материала переходят во взвешенное состояние. Осадок, подвергающейся сушке, с помощью форсунки водится в слой инертного материала и, попадая на поверхность частиц, высушивается. Затем, высушенный осадок вместе с потоком теплоносителя выносится из сушилки и направляется на разделение.

Основной недостаток - сложность разделения осадка и теплоносителя.

[14, 42]

41. Цели анаэробного сбраживания осадков. Описание процесса двухстадийного сбраживания осадков в метантенках.

Ответ:

Целями анаэробной переработки отходов является:

- уменьшение количества по массе и объему осадка за счет деструкции органических веществ на 25-45%;
- инаktivация патогенной микрофлоры при мезофильном и, особенно, термофильном процессах сбраживания в метантенках;
- устранения неприятного запаха сырых отходов;
- ускорения сушки (отделения воды) в естественных условиях и на фильтрах-прессах, вакуумных фильтрах и др. устройствах;
- содержащиеся в сброженных осадках питательные элементы (азот, фосфор, калий и др.) позволяют использовать осадок после обезвоживания для технической рекультивации полигонов для отходов, карьеров;
- возможно использование образующегося при сбраживании метана в качестве источника энергии.

Процесс анаэробного сбраживания в метантенках заключается в биологической деструкции органических соединений в анаэробных условиях. Органические соединения в осадках представлены комплексом различных компонентов, основные из которых: углеводы, жироподобные и белковые вещества (в сумме составляют 80-85%); лигнино-гумусовый комплекс (15-20% %).

Органическое вещество, содержащее углерод, распадается, образуя жирные кислоты, которые, в свою очередь, разлагаются, выделяя метан, углекислоту, водород, спирты, окись углерода, воду.

Органическое вещество, содержащее азот, при деструкции образует аммиак, свободный азот;

серосодержащие соединениями – выделяют сероводород.

Распад органических веществ в сооружениях осуществляется в 2 стадии как *органоτροφными* (1-я стадия анаэробного сбраживания, называемая *кислотным сбраживанием* или стадией кислотообразования), так и *литотрофными* микроорганизмами (2-я стадия анаэробного сбраживания, называемая *щелочным сбраживанием* или стадией газообразования).

1-я стадия:

Органотрофные микроорганизмы расщепляют органические соединения осадков, образуя в качестве конечных продуктов распада в основном жирные кислоты и водород, а также спирты, аминокислоты, аммиак, сероводород, уксусную кислоту, кетоны, уксусный альдегид и др.

Микроорганизмы - органотрофы- являются факультативными анаэробами. Эти бактерии гидролизуют молекулы органических соединений с помощью гидролитических ферментов до растворимых веществ, используя кислород исходного органического осадка. Тем самым факультативные бактерии защищают от кислорода облигатные анаэробные бактерии следующей стадии сбраживания, на которой продуцируется метан.

(Химизм анаэробного распада органики во многом сходен с аэробным окислением органики сточных вод в БОС,- отличие лишь в том, что при анаэробном сбраживании акцептором электрона служат органические соединения и двуокись углерода, а не водород).

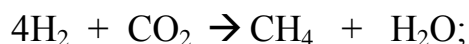
2-я стадия сбраживания:

Образовавшиеся на первой стадии продукты неполного окисления, такие как жирные кислоты, спирты и др. претерпевают дальнейшую деструкцию при помощи литотрофных бактерий, в результате которой в конечном итоге образуется метан и двуокись углерода. На этой стадии разрушаются органические кислоты, реакция среды становится щелочной, поэтому 2-ю стадию сбраживания называют щелочным брожением, или стадией газообразования.

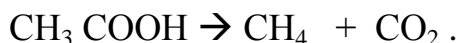
Метанообразующие бактерии способны продуцировать метан 2-мя путями:

- путем восстановления углекислоты водородом;
- из простых органических соединений.

Пример 1-го пути:



Пример 2-го пути:



Параметром, определяющим скорость сбраживания осадка является *температура* в метантенке. Требования к температуре определяются двумя значениями: *постоянством* в течение всего цикла сбраживания (15-20 суток); *максимальным* верхним значением в интервале заданного температурного режима.

Существует два температурных режима работы метантенков :

- мезофильный (30-35°C);
- термофильный (50-60°C). (Естественно, температурные интервалы заданы не произвольно, а определены оптимальными условиями наиболее благоприятного функционирования соответствующих видов бактерий).

[14, 21, 42]

42.Расчетный способ определения выхода газа при сбраживании беззольного вещества осадка в зависимости от дозы загрузки при различных температурных режимах. Технологические параметры, обуславливающие интенсивность сбраживания в метантенках.

Ответ:

По СНиП 2.04.03-85 определение вместимости метантенков следует производить в зависимости от фактической влажности осадка по суточной дозе загрузки, принимаемой для осадков городских сточных вод по табл.14, а для осадков производственных сточных вод - на основании экспериментальных данных; при наличии в сточных водах анионных поверхностно-активных веществ (ПАВ) суточную дозу загрузки надлежит проверять согласно соответствующей формулы и таблицы.

Таблица 14

Суточная доза загрузки при разных режимах сбраживания

Режим сбраживания	Суточная доза загружаемого в метантенк осадка D_{mt} , %, при влажности загружаемого осадка, %, не более				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19

Распад беззольного вещества загружаемого осадка R_r , %, в зависимости от дозы загрузки надлежит определять по формуле:

$$R_r = R_{lim} - K_r \times D_{mt}, \quad (3)$$

где: R_{lim} - максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка, %, определяемое по формуле (4);

K_r - коэффициент, зависящий от влажности осадка и принимаемый по табл.15;

D_{mt} - доза загружаемого осадка, %.

Таблица 15

Значение коэффициента K_r при различных режимах сбраживания

Режим сбраживания	Значение коэффициента K_r при влажности загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофильный	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка R_{lim} , %, следует определять в зависимости от химического состава осадка по формуле:

$$R_{lim} = (0,92C_{fat} + 0,62C_{gl} + 0,34C_{prt})100, \quad (4)$$

где: C_{fat} , C_{gl} , C_{prt} - соответственно содержание жиров, углеводов и белков, г на 1 г беззольного вещества осадка.

При отсутствии данных о химическом составе осадка величину R_{lim} допускается принимать: для осадков из первичных отстойников - 53%; для

избыточного активного ила - 44%; для смеси осадка с активным илом - по среднеарифметическому соотношению смешиваемых компонентов по беззольному веществу.

Весовое количество газа, получаемого при сбраживании, надлежит принимать 1 г на 1 г распавшегося беззольного вещества загружаемого осадка, объемный вес газа - 1 кг/м³, теплотворную способность - 5000 ккал/м³.

Влажность осадка, выгружаемого из метантенка, следует принимать в зависимости от соотношения загружаемых компонентов по сухому веществу с учетом распада беззольного вещества, определяемого согласно вышеизложенной формулы.

Обе стадии - кислотная и метанобразующая – в метантенке происходят синхронно и лимитирующей весь процесс сбраживания является *кислотная стадия*, как наиболее чувствительная к технологическим параметрам, в первую очередь, к *pH среды*. При достижении pH =6 и ниже в осадке будут накапливаться кислоты, активность метанобразующих бактерий будет заингибирована, что, в свою очередь, приведет к новому накоплению кислот. Поэтому, поддержание нейтральной среды в метантенке является одной из основных технологических задач эксплуатационников.

Параметром, определяющим скорость сбраживания осадка, является *температура* в метантенке. Требования к температуре определяются двумя значениями: *постоянством* в течение всего цикла сбраживания (15-20 суток); *максимальным* верхним значением.

Существует два температурных режима работы метантенков :

- мезофильный (30-35°C);
- термофильный (50-60°C).

Предпочтительнее для сбраживания – термофильный процесс по двум причинам: при более высокой температуре эффективность инактивации патогенной микрофлоры выше; скорость сбраживания при термофильном процессе выше (15 суток), чем при мезофильном (20 суток).

Значительное влияние на процесс сбраживания оказывает и *влажность* исходного осадка. Сырой осадок коммунальных сточных вод после механической очистки сточных вод в отстойниках

или избыточный активный ил после вторичных отстойников биостанции имеет влажность 94-97%.

Загруженный в метантенки с такой влажностью осадок будет очень долго и не эффективно,- с точки зрения конверсии органики, снижения патогенности и продуцирования метана,- сбраживаться.

На интенсивность сбраживания осадка в метантенке также влияет: доза загрузки сырого осадка; периодичность загрузки; интенсивность (полнота) перемешивания.

[14, 42]

43. Устройство и принцип работы метантенков. Требования безопасности к проектированию и эксплуатации метантенков.

Ответ:

Метантенк - железобетонный цилиндрический аппарат с коническими днищем и верхнем перекрытием. Для ускорения и увеличения степени (глубины) распада органической фракции осадка в метантенках применяют подогрев и перемешивание массы. Осадок подогревают до температуры 30-35°C или 50-55°C острым паром, подаваемым инжeksiрующим устройством, либо теплообменником, смонтированным внутри или снаружи метантенка. Подогрев осадка теплообменниками малоэффективен и применяется редко. В России повсеместное распространение получил способ подогрева острым паром. Пар обычно подается одним из следующих способов:

- на всас насоса при закачивании очередной порции сырого осадка и при перемешивании (циркуляции) осадка;
- в дозировочный (верхний) бак;
- непосредственно в метантенк при помощи эжектора (пароструйного инжектора).

Наиболее предпочтительны пароструйные инжекторы, так как забирая осадок в качестве рабочей жидкости и подавая смесь осадка и пароконденсата снова в метантенк, паровые инжекторы кроме подогрева, обеспечивают: дополнительное дробление частиц осадка, увеличивая массообмен между биоценозом микроорганизмов, отдельными клетками бактерий и соединениями органики осадка; дополнительное перемешивание осадка; дегельминтизацию осадка.

Перемешивание массы осуществляют насосами или гидроэлеваторами совместно с насосами, или специальными мешалками.

Метантенки бывают с неподвижным затопленным перекрытием, с неподвижным незатопленным перекрытием (наиболее часто применяемые) и с подвижным перекрытием.

С целью уменьшения коркообразования горловине метантенков придают узкую и вытянутую вверх форму.

За рубежом (в Германии, Англии) используют двухступенчатую обработку осадка: на первой ступени метантенки подогреваемые (обычные), на второй – неподогреваемые, в которых происходит уплотнение осадка, но не сбраживание.

Существует в практике проблема разделения (расслоения) сброженной массы, выгружаемой из метантенков, на осадок и воду (осадок очень плохо «отдает» воду). Прибегают к различным приемам, позволяющим увеличить выход осадка, Одним из них является подогрев и последующая промывка сброженного осадка водой в соотношении 1:3.

Наиболее эффективным способом повышения эффективности осадкообразования является применение второй ступени сбраживания без подогрева. Применение метантенков второй ступени позволяет значительно уменьшить объем осадка, кроме того, сбраживается случайно проскочившая через первую ступень незначительная часть сырого осадка; полностью удаляется песок; может быть увеличена доза загрузки.

Метан, на долю которого приходится до 70% в составе выделяющихся при сбраживании газов, является взрывопожароопасным газом с концентрационными пределами взрываемости - 5-15%. Поэтому, при эксплуатации метантенков должно

быть исключено образование вакуума в результате подсоса воздуха. Для предотвращения образования вакуума внутри метантенков при выгрузке осадка (при выгрузке осадка происходит понижение уровня и может образоваться вакуум) метантенки делают с подвижным (плавающим) перекрытием

Наибольшей деструкции подвержены углеводы, жиры, белки (белки – меньше) которые составляют основную массу беззольного вещества осадков (до 85%). Полного распада органики добиться невозможно. Исследования показали, что степень деструкции органики составляет в среднем около 40%.

При сбраживании выделяется около 63-64% CH_4 и 32,5-33,5% CO_2 . Жиры и белки продуцируют метан, углеводы – углекислоту.

Проведенные исследования показали, что бактериальная флора, осуществляющая деструкцию органики при мезофильном и термофильном процессах, примерно одинакова, но при термофильном сбраживании процесс идет быстрее и суточная нагрузка (доза загрузки) может быть увеличена до 20%. При термофильном процессе полнее распадается клетчатка; кроме того, бурное выделение газа способствует перемешиванию массы и не дает образоваться корке на поверхности.

CO_2 и аммиак, выделяющиеся в процессе сбраживания, образуют в растворе бикарбонат аммония, за счет чего щелочность надосадочной жидкости составляет 500-1500 мг-экв/л. Поэтому, значение щелочности служит показателем завершенности (готовности) процесса сбраживания.

Следующими показателями, применяемыми для определения стадии сбраживания и оперативного регулирования (изменения количества подаваемого на обогрев тепла; изменения дозирования загрузки сырого осадка и выгрузки сброженного по периодичности и объему; увеличения, уменьшения или прекращения циркуляции) являются температура и рН. Чем более отклоняется рН в сторону кислой среды (6,0 и менее), тем более в начальной стадии находится процесс, т. к. в начальной (первой) фазе сбраживания образуется большое количества жирных кислот (так называемое кислое сбраживание).

При проектировании метантенков надлежит предусматривать:

- мероприятия по взрывопожаробезопасности оборудования и обслуживающих помещений - в соответствии с ГОСТ 12.3.006-75;
- герметичные резервуары метантенков, рассчитанные на избыточное давление газа до 5 кПа;
- число метантенков - не менее двух, при этом все метантенки должны быть рабочими;
- отношение диаметра метантенка к его высоте (от днища до основания газосборной горловины) - не более 0,8-1;
- расположение статического уровня осадка - на 0,2-0,3 м выше основания горловины, а верха горловины - на 1,0-1,5 м выше динамического уровня осадка;
- расположение открытых концов труб для отвода газа из газового колпака - на высоте не менее 2 м от динамического уровня;
- загрузку осадка в верхнюю зону метантенка и выгрузку из нижней зоны;
- герметически закрывающиеся люки-лазы, смотровые люки;
- расстояние от метантенков до основных сооружений станций, внутриплощадочных автомобильных дорог и железнодорожных путей - не менее 20 м, до высоковольтных линий - не менее 1,5 высоты опоры.

[42]

44. Назначение, принцип работы и устройство двухъярусных отстойников.

Ответ:

Основное назначение:

- для очистки коммунальных СВ способом осаждения взвешенных веществ;
- для уменьшения объема выпавшего осадка за счет анаэробного распада органической фракции;
- уменьшения патогенности выпавшего осадка.

Конструктивно 2-х ярусный отстойник представляет собой круглый (чаще всего) или прямоугольный в плане железобетонный резервуар с коническим или пирамидальным днищем различных размеров, определяемых расчетом в

зависимости от максимального притока СВ и в зависимости от требований к качеству осветленной воды и к качеству сброженного осадка. Требования к осветленной воде и осадку определяются целями дальнейшего использования воды, осадка.

Наиболее часто применяемыми типо-размерами 2-х ярусных отстойников являются круглые железобетонные сооружения глубиной (высотой) 9 м и диаметром 9 м. Количество параллельно работающих отстойников подбирается под суммарную производительность.

2-х ярусный отстойник состоит из двух частей: отстойной (осадительной) зоны и гнилостной или септической камеры. В отстойной зоне расположены осадочные желоба, которые выполняют функцию горизонтальных отстойников. Благодаря небольшой скорости движения из сточной воды выпадает большая часть взвешенных и небольшая часть коллоидных веществ, которые далее проваливаются через щель в осадочных желобах и попадают в нижнюю зону отстойника - септическую камеру. Конструкция осадочных желобов не позволяет всплывающим пузырькам газовыделений, образующихся при разложении органики осадка в иловой камере, уносить вверх частицы осадка и загрязнять осветленную воду.

Из иловой камеры перегнивший осадок удаляется самотеком под давлением гидростатического столба жидкости через выпускную трубу.

Конструктивно 2-х ярусные отстойники могут быть с одной или двумя септическими камерами

Учитывая отсутствие подогрева осадка в 2-х ярусных отстойниках и температуру в отстойнике, равную температуре окружающей среды, процесс перегнивания осадка занимает до 180 дней. Практика эксплуатации показывает, что за такой длительный период нахождения в отстойнике, осадок уплотняется до такой степени, что выпускная труба закупоривается плотным осадком и приходится откачивать передвигным насосом осадок, предварительно размывая его струей воды. Но в таком случае, достигнутый за долгие месяцы результат концентрирования осадка разбавлением водой при зачистке, сводится к нулю.

Для уменьшения теплопотерь и стабилизации температуры, 2-х ярусные отстойники обваловывают грунтом.

[42]

45. Поля орошения, поля фильтрации, биологические пруды – способы, основанные на естественных процессах биоочистки СВ. Почему поля орошения и поля фильтрации не рекомендуется использовать для очистки СВ в современных условиях? Типы биологических прудов. Эффективность, преимущества и недостатки указанных способов очистки.

Ответ:

К способам биоочистки СВ, основанным на естественных процессах почвенной очистки, относятся очистка на *полях орошения* и *полях фильтрации*.

Поля орошения – специально спланированные участки, на которые подается СВ для решения двух задач: очистки стоков от минеральных и органических загрязнений и для орошения земли при выращивании сельскохозяйственных культур.

Поля фильтрации – отличаются от полей орошения тем, что конечной целью является только очистка сточных вод.

Следует подчеркнуть, что поля орошения и поля фильтрации в настоящее время применяются незначительно по следующим причинам экологического и экономического аспекта:

- в составе производственных и коммунальных СВ все в большей степени преобладают синтезированные трудноокисляемые поллютанты, которые фильтруются в почву, подземные водоисточники и далее – в поверхностные водоемы; присутствие в коммунальных сточных водах во все возрастающей степени СПАВ, хлорорганических соединений, всевозможных консервантов, добавляемых в пищевые продукты и др. токсичных трудноразлагаемых соединений, не позволяет относить коммунальные СВ к более безвредным по сравнению с производственными СВ;
- дефицит свободных земельных участков;

- климатические условия большинства регионов РФ с преобладанием минусовой в течение года температуры, позволяют использовать поля орошения и фильтрации только с мая по сентябрь;
- эффективность очистки СВ во основном (кроме состава СВ) определяется составом почвы – на плодородной, богатой гумусными соединениями и микрофлорой почве, очистка будет лучше за счет сорбции и последующего биоокисления микрофлорой; песчаные, подзолистые, каменистые почвы, более бедные микрофлорой, очистку, в основном, будут осуществлять за счет фильтрации;
- почва полей орошения и фильтрации опасна в санитарно-эпидемиологическом отношении;
- сточные воды перед напуском на поля орошения и фильтрации необходимо подвергать механической очистке, так как в противном случае межпочвенные поры быстро забьются (заилятся) взвешенными веществами.

Процесс очищения СВ в верхних слоях почвы основан на жизнедеятельности присутствующих в почве различных микроорганизмов: бактерий, грибов, простейших, водорослей, червей и др. Кроме того, на поверхности почвенной структуры при поливе СВ, дополнительно образуется биопленка, заселенная микрофлорой (на 1м² поверхности почвы образуется микрофлора, площадь которой составляет около 5 га). Эта биопленка адсорбирует на своей поверхности растворенные органические вещества сточных вод и микроорганизмы, присутствующие в биопленке, минерализуют органику. Кислород, необходимый для биоокисления, имеется в верхних слоях почвы (на глубине до 20-30 см). На глубине, где отсутствует кислород, процесс аэробного окисления заканчивается, и далее процесс окисления оставшихся органических соединений осуществляется анаэробными микроорганизмами – денитрификаторами, использующими кислород нитритов и нитратов.

Существенную роль в процессах биоочистки играет структура почвы. Чем мельче структура почвы, тем большая численность микрофлоры на единице площади почвы, тем больший окислительный потенциал полей. Но на самом деле,

мелкая структура почвы затрудняет проникновение кислорода (воздуха) и питательных веществ СВ к микроорганизмам, так как частицы почвы плотнее прилегают друг к другу.

Значительная роль в процессе очистки СВ в почве принадлежит микрофауне, которые (черви, членистоногие) разрыхляют верхние слои почвы, способствуя насыщению почвы кислородом.

Биологические пруды

Представляют собой искусственно созданные сооружения – водоемы глубиной 0,5-1,0 м, воспроизводящие процессы самоочищения воды в естественных условиях: механической седиментации взвешенных веществ; аэробного окисления; анаэробного распада; метанового анаэробного брожения; фотосинтеза органических веществ и т.д.

Основными факторами, определяющими эффективность очистки являются:

- состав и свойства исходной СВ;
- климатические условия (температура, кислородный режим);
- условия поступления СВ в пруды – нагрузка на 1м² поверхности пруда;
- периодичность поступления СВ (постоянное поступление - проточные пруды или периодическое поступление - контактные пруды)

Биопруды могут применяться как для доочистки СВ, так и для самостоятельной очистки.

В биопрудах в зависимости от следующих факторов: нагрузки; глубины пруда; режима очистки (проточного или контактного), могут превалировать *аэробные, анаэробные* или *факультативно аэробные* микроорганизмы.

При больших нагрузках (350-560 кг БПК/га в сутки кислорода будет недостаточно и процесс будет анаэробным. В непроточных прудах (контактных) при заполнении пруда вначале также будет анаэробная очистка. В глубоких прудах (глубиной 2,5м) в придонном слое и в прудах после зимы также будет анаэробная очистка.

Анаэробную очистку осуществляют метанопродуцирующие бактерии, процесс идет при избытке органических веществ и недостатке кислорода, выход

энергии мал, поэтому бактерии для обеспечения своей жизнедеятельности вынуждены разлагать большие количества субстрата. После анаэробной очистки в СВ остается значительное количество ЗВ, поэтому необходимо дочистить стоки в аэробных условиях в следующем пруду или в этом же пруду, но в аэробной зоне. Анаэробная очистка сопровождается выделением зловонных газов (сероводород, метан и др.).

Самыми распространенными и наиболее эффективными по степени очистки, являются пруды, в которых совмещены анаэробные и аэробные процессы – *аэробно-анаэробные* или *факультативно аэробные пруды*.

В верхних слоях факультативно аэробных прудов протекает процесс фотосинтеза и вода насыщается кислородом (аэробное окисление), в придонном слое кислорода нет и происходит метановое брожение. В данных прудах основным источником поступления кислорода является фотосинтез, причем днем вода обогащается кислородом, а ночью расходуется в процессе дыхания растениями.

В придонных слоях пруда дефицит кислорода и избыток органических веществ автохтонного и аллохтонного происхождения, причем накопление органики превалирует над ее деструкцией. Этот процесс приводит к наслаиванию на дне отмирающей биомассы, утилизация которой является проблемой. Избыток питательных веществ приводит и к интенсивному росту водорослей (ряски).

В аэробных прудах создается высокая концентрация кислорода во всех слоях искусственным нагнетанием кислорода (воздуха) в жидкость и за счет интенсификации кислородного режима очистки позволяют снизить время пребывания (период биоочистки) до 1-3 суток.

Положительным свойством очистки СВ в прудах является следующее:

- 1) высокая степень очистки;
- 2) так как водоросли обладают высокой бактерицидной активностью, то после очистки СВ не представляют опасности в санитарном отношении;
- 3) в процессе прироста биомассы потребляются органические элементы – азот, фосфор;

4) возможность очистки СВ от трудноокисляемых соединений (нефтепродукты, фенол и др.)

Недостатки:

- возможность эксплуатации только в теплое время года (май – август);
- проблема утилизации избытка первичной органической продукции;
- сложность регулирования процесса и длительность процесса;
- необходимость наличия свободных площадей под строительство биопрудов;
- выделение зловонных газов при анаэробном сбраживании.

[14, 42]

46. Типы биофильтров, применяемых для биоочистки СВ. Сущность процессов очистки в биофильтрах. Классификация биофильтров: а) по степени очистки; б) по технологической схеме; в) по режиму работы; г) по способу подачи воздуха; д) по конструкции.

Ответ:

Биофильтр – резервуар круглой или прямоугольной в плане формы, заполненный крупнозернистым материалом (щебнем, гравием, керамзитом, пластиком и пр.), на котором образуется пленка из микроорганизмов и через который фильтруется СВ. Размер материала - наполнителя возрастает сверху вниз: верхний слой состоит из кусков размером 10-20мм, средний – 20-40мм, нижний – 50-70мм. СВ подается в биофильтр сверху через распределительное устройство, обеспечивающее равномерное распределение жидкости по всей площади сооружения. Для интенсификации процесса очистки в биофильтр снизу подается воздух.

Процесс биохимического окисления ЗВ СВ аналогичен процессам в других сооружениях биохимической очистки, например, на полях орошения и фильтрации, только более интенсивнее. В биофильтре происходят в основном аэробные процессы, анаэробные происходят частично на внутренней стороне биопленки (прилегающей к поверхности кусков наполнителя). На поверхности кусков наполнителя в присутствии кислорода и достаточности питательного

субстрата развиваются аэробные микроорганизмы, обволакивающие наполнитель пленкой. В верхних слоях биофильтра высокая концентрация питательной среды и, поэтому здесь интенсивно потребляется кислород, окисляется органика бактериями, осуществляется прирост биомассы. Здесь присутствует большое количество микроорганизмов и незначительное количество их видов.

По мере движения СВ сверху вниз биофильтра разнообразие видов микроорганизмов увеличивается, прирост биомассы уменьшается. В наружных слоях биопленки, которые контактируют со СВ и кислородом, функционируют аэробные микроорганизмы. Внутренние, прилегающие к наполнителю, слои биопленки испытывают недостаток кислорода и питательных веществ, в них преобладают анаэробные процессы, и, поэтому, пленка постепенно отмирает. Отмершая пленка смывается водой на нижние слои биофильтра. Требуется очистка сточных вод после биофильтра от отмершей пленки в отстойниках и необходимо утилизировать задержанную в отстойниках пленку.

Биологические фильтры подразделяются на *периодически действующие (контактные) и непрерывно действующие (капельные и высоконагружаемые)*.

В *капельных* биофильтрах подача СВ сверху биофильтра происходит равномерно в виде струй или отдельных капель. За счет небольшой нагрузки ($0,5 - 1\text{ м}^3$ СВ на 1 м^3 фильтра и дозированной, равномерной подачи СВ, эффективность очистки может достигать 99% (до $\text{БПК}_{20} = 10-15$ мг/л). Капельные биофильтры применяются для очистки небольших количеств СВ – не более $1000\text{ м}^3/\text{сутки}$.

Высоконагружаемые биофильтры отличаются более высокой окислительной мощностью, которая достигается: а) интенсивным воздухообменом за счет более крупного загрузочного материала; б) высокой нагрузкой по исходной СВ; в) интенсивным выносом потоком подаваемой сверху СВ отмершей биопленки и, благодаря этому, исключению заиливания пленкой загрузочного материала.

Высоконагружаемые биофильтры подразделяются:

- по степени очистки - на полную и неполную очистку;
- по режиму работы – на биофильтры с рециркуляцией и без рециркуляции;

- по способу подачи воздуха – с искусственной подачей воздуха и с естественной подачей;

- по технологической схеме – на одноступенчатые и двухступенчатые биофильтры.

Высоконагружаемые биофильтры отличаются от капельных не по количеству окисленных ЗВ, а по количеству пропускаемой через них СВ.

Иногда применяют биофильтры большой высоты (башенные биофильтры), высотой до 16 м. Такие биофильтры могут применяться для очистки СВ производительностью до 50000 м³ в сутки.

[14, 42]

47. Типы применяемых аэротенков в зависимости от: а) схемы распределения потоков; б) способа подачи и распределения воздуха; в) регенерации активного ила; г) полноты (степени) очистки; д) продолжительности аэрации; е) ступенчатости (стадийности) биоочистки. Эффективность, преимущества, недостатки каждого типа аэротенков.

Ответ:

Аэротенк – железобетонный резервуар прямоугольного в плане сечения, в который подается сточная вода, активный циркуляционный ил и воздух.

СВ обычно подается после усреднения, нейтрализации до нейтральной среды (если СВ кислая или щелочная), механической очистки (осветления) в сооружениях механической очистки.

Активный ил в аэротенк подается после седиментации во вторичных отстойниках – осуществляется непрерывная рециркуляция АИ по схеме: аэротенк – вторичный отстойник – регенератор – аэротенк.

Воздух нагнетается турбовоздуходувками в аэротенк с целью:

- обеспечения кислородом жизнедеятельности аэробных микроорганизмов в процессе биохимического окисления органических ЗВ;

- перемешивание смеси СВ и АИ с целью создания необходимых гидродинамических и массообменных процессов, обеспечивающих необходимый контакт хлопьев АИ и поллютантов;

- исключения застойных бескислородных зон в аэротенке и возможности анаэробного сбраживания ЗВ;
- насыщения кислородом очищенной сточной воды с целью повышения стойкости воды (предотвращения загнивания);
- отдув продуктов катаболизма.

По способу подачи воздуха аэротенки подразделяются на аэротенки с *пневматической*, аэротенки с *механической* аэрацией и *комбинированной* аэрацией.

В аэротенках с *механической* аэрацией насыщение воздухом жидкости в аэротенке происходит за счет интенсивного перемешивания СВ с активным илом. Широкого распространения данные аэротенки не получили, так как достаточная концентрация растворенного кислорода обеспечивается только в верхних слоях жидкости в аэротенке и трудно обеспечить стабильный аэробный процесс окисления в объеме всего сооружения.

Наибольшее распространение получили аэротенки с *пневматической* аэрацией, воздух в которые подается воздуходувками или компрессорами по магистральным воздуховодам. От магистральных воздуховодов воздух отводится по трубопроводам в каждую секцию аэротенка и далее подводится к аэрационным каналам на дне, сверху которых уложены аэрирующие элементы – фильтросные пластины.

Протекающие в аэротенке процессы воспроизводят естественное самоочищение воды водоемов, но только в более короткие сроки и с большей эффективностью, которые обеспечиваются интенсификацией аэрирования и высокой концентрацией микроорганизмов.

В зависимости от способа подачи потоков сточной воды и возвратного циркуляционного ила различают три типа аэротенков: *аэротенки-вытеснители*, *аэротенки – смесители* и *аэротенки промежуточного типа (аэротенки-вытеснители)*.

В *аэротенках - вытеснителях* с «поршневым» потоком, сточные воды и активный ил подаются сосредоточенно с одной торцевой стороны аэротенка и выходят с противоположной стороны. Аэротенки – вытеснители бывают одно-,

двух-, трех-, четырехкоридорные, в которых коридоры отгорожены вертикальными не доходящими до торцевой стены, перегородками. Основным недостатком аэротенков-вытеснителей – нагрузка на ил и скорость окисления резко меняются по длине от максимальной в начале, до минимальной – в конце аэротенка, что в свою очередь, требует дифференцированную аэрацию с целью выравнивания кислородного режима и гидродинамического процесса в объеме иловой смеси. Чаще всего аэротенки – вытеснители применяются для очистки промышленных СВ сложного состава.

Следующим типом биосооружений являются *аэротенки- смесители*, в которых подвод и отвод сточных вод и активного ила осуществляется по противоположным длинным сторонам аэротенка. Применяются аэротенки – смесители двух типов: 1) с дифференцированными впусками СВ и активного ила; 2) с дифференцированным впуском СВ и централизованной подачей активного ила. Дифференцированная подача СВ в аэротенк – смеситель позволяет равномерно распределить нагрузку на активный ил по всему сечению аэротенка и выровнять кислородный режим. Быстрое выравнивание концентрации ЗВ позволяет использовать аэротенки – смесители для очистки СВ непостоянного состава и с содержанием токсичных веществ, что характерно для промышленных сточных вод.

К недостаткам аэротенков – смесителей следует отнести недостаточно полное окисление ЗВ, высокую нагрузку на активный ил и, как следствие, «вспухание» ила.

Наиболее совершенной конструкцией аэротенков, которая предназначается для исключения технологических недостатков аэротенков – вытеснителей и аэротенков – смесителей, и учета их преимуществ, была разработана *аэротенков промежуточного типа,- аэротенков – смесителей – вытеснителей коридорного типа*.

В данных аэротенках СВ подается дифференцированно в нескольких точках, активный ил - централизованно в одной точке, – обычно в начале аэротенка. Сточная вода подается через несколько окон в распределительном лотке. В

трехкоридорном аэротенке для подачи СВ проектируется 6 окон, из которых 2 выходят в первый по ходу движения иловой жидкости коридор, 4 – во второй (средний) коридор. Окна оборудуются регулировочными шиберами для изменения количества подаваемых через них СВ или возможного полного закрытия. Регулирование количества СВ по длине аэротенка позволяет изменять объем регенеративной зоны при различных режимах работы, обусловленных необходимостью увеличением степени деструкции трудноокисляемых загрязнений при залповых аномальных сбросах. Количество коридоров может быть два, три и более.

Преимуществом аэротенка – смесителя – вытеснителя коридорного типа перед аэротенками других типов (конструкций) является:

- возможность изменения объема регенерации активного ила увеличивает диапазон по нагрузкам субстрата при стабильных конечных результатах биоочистки;
- значительная длина пути прохождения иловой смеси по коридорам аэротенка увеличивает время контакта и массообмен между поверхностью активного ила, ЗВ сточной воды и воздухом;
- наличие коридоров (отсеков) позволяет регулировать интенсивность аэрации по коридорам в зависимости от необходимости текущей технологической ситуации и поддерживать минимальную аэрацию, которая не препятствует сорбции ЗВ на хлопьях ила и не «дробит» хлопья на отдельные фрагменты, плохо оседающие во вторичных отстойниках;
- дифференцированная подача СВ по длине аэротенка уменьшает отрицательное влияние (стресс) на жизнедеятельность микроорганизмов резкого увеличения концентрации поллютантов в точке выпуска и сокращает время адаптационного периода ферментативной системы к окислению изменяющегося состава СВ.

В зависимости от требуемой степени биоочистки сточных вод аэротенки проектируются на полную биологическую очистку (БПК₅ после биоочистки не > 20 мг/дм³) и частичную (БПК₅ на выходе > 20 мг/дм³).

Требуемая степень очистки и загрязненность СВ являются основными параметрами, определяющими технологический режим работы аэротенков

(концентрация кислорода и АИ, период аэрации, объем регенерационной зоны, возраст ила и др.) и конструкцию аэротенка.

Иногда для очистки высококонцентрированных СВ применяют метод ступенчатой, чаще всего двухступенчатой очистки. Метод заключается в том, что на первой ступени очистки в аэротенках сорбируются активным илом ЗВ и окисляется основная часть легко окисляемых поллютантов. Затем смесь ила и очищенных СВ разделяется во вторичных отстойниках и очищенная вода направляется в аэротенки второй ступени для доочистки. Эффективность деструкции ЗВ в двухступенчатой системе очень высокая, достигаемая длительным периодом аэрации и специфической микрофлорой, адаптированной к составу СВ на каждой ступени. Ступенчатая очистка может осуществляться как с регенерацией ила, так и без регенерации.

Процесс биохимической очистки СВ, как известно, происходит в две параллельно протекающие стадии: в *первой стадии* при смешении СВ с активным илом происходит сорбция органических и частично минеральных загрязнений хлопьями ила и окисление легко окисляющей части органики. В этот период происходит резкое снижение концентрации растворенного O_2 и повышение дегидрогеназной активности ила (ДАИ); во *второй стадии* происходит восстановление сорбирующей способности активного ила – *регенерация* ила и последующее доокисление трудноокисляющихся органических загрязнений. Во второй стадии скорость потребления кислорода падает, ДАИ также стабилизируется (при наличии токсикантов ДАИ незначительна и может уменьшаться на обеих стадиях окисления).

В аэротенках, работающих на полную биоочистку, после завершения процесса деструкции органических веществ, происходит третья стадия – нитрификация азотсодержащих соединений, в которой потребление кислорода вновь возрастает. Но, обычно, процесс биоочистки доводят лишь до начала нитрификации (это обусловлено возникающей необходимостью денитрификации, которая, в свою очередь, вызывает проблемы с разделением иловой смеси во вторичных отстойниках).

Итак, для стабилизации и улучшения очистки СВ, особенно изменяющегося состава и содержащие трудно окисляющиеся загрязнения (характерно для производственных СВ), необходима *регенерация*, то есть восстановление активного ила. В соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 при поступлении СВ с $BPK_{полн.} = 150$ мг/л и более, а также при наличии вредных веществ необходимо применять регенерацию.

[14, 42]

48. Преимущества аэротенков перед другими сооружениями биоочистки. Типы аэраторов и размер пор аэраторов, как один из факторов, обуславливающий массообменный и гидродинамический процессы.

Ответ:

Наиболее распространенным и широко применяемым сооружением для биохимической очистки промышленных, коммунальных, смеси промышленных и коммунальных и других СВ, являются *аэротенки*.

Предпочтение аэротенков перед другими сооружениями биоочистки обусловлено рядом причин, основными из которых являются следующие:

- 1) возможность применения для биоочистки СВ различного состава, происхождения и разного количества;
- 2) высокая степень деструкции органических поллютантов, позволяющая достигнуть в аэротенках на полную биоочистку $BPK_{полн.} = 15$ мг/л;
- 3) большая емкость (буферность) аэротенков, позволяющая эффективно очищать СВ при резких отклонениях по концентрации загрязнений (при залповых аномальных сбросах) и по гидравлической нагрузке;
- 4) возможность технологического совмещения аэротенков практически с любыми сооружениями и способами механической, физико – химической и биологической очистки;
- 5) возможностью варьирования регулированием технологией биоочистки – биотическими и абиотическими параметрами – концентрацией и возрастом активного ила; соотношением количества АИ и СВ; объемом регенерационной

зоны; гидродинамическим режимом в аэротенке; концентрацией растворенного кислорода и др. параметрами;

б) простотой обслуживания и ремонта;

в) расположение основной части аэротенка ниже нулевой отметки и обвалование грунтом обеспечивает незначительную стоимость при строительстве и позволяет в любое время года поддерживать мезофильный процесс биоочистки.

В качестве аэрирующих элементов могут использоваться: пористые фильтросные пластины; пористые трубы; купольные, грибовидные и дисковые фильтросы. В России, в основном, применяются фильтросные плиты и пористые трубы. Выходящие из аэрационных элементов пузырьки воздуха поднимаются вверх, насыщая кислородом жидкость, перемешивая ее и осуществляя массообмен между поверхностью хлопьев активного ила, отдельными бактериальными клетками, растворенными, взвешенными, коллоидными частицами ЗВ и воздухом. Чем больше слой жидкости в аэротенке над аэраторами (высота аэротенка) и чем меньше скорость подъема пузырьков, тем больше время контакта воздуха с илом и загрязняющими веществами СВ и тем лучше массообмен. Но увеличивать высоту аэротенка и уменьшать скорость подъема пузырьков воздуха можно до определенного значения, ограниченного технологическими эксплуатационными параметрами

По размеру пузырьков воздуха аэрация подразделяется на мелкопузырчатую (размер отверстий – 200 – 500 мкм) и крупнопузырчатую (размер отверстий 4 – 5мм).

Применение мелкопузырчатой аэрации увеличивает коэффициент использования кислорода, увеличивает поверхность контакта фаз.

От способа подачи воздуха и конструкции аэрирующих элементов в значительной степени зависит эффективность процесса биоочистки СВ.

[14, 42]

49. Варианты улучшения гидродинамического и массообменного процессов в аэротенке, как аргумента повышения деструкции органических соединений СВ.

Ответ:

Воздух, нагнетаемый в аэротенки, кроме предотвращения седиментации хлопьев АИ на дно аэротенка и отдува продуктов катаболизма, выполняет основное функциональное назначение: обеспечение *гидродинамического процесса* - перемешивания иловой жидкости и СВ. От эффективности гидродинамических процессов непосредственно зависит эффективность массообменных процессов.

Массообменные процессы определяют степень контакта фаз на границе раздела:

- адсорбция поверхностью хлопьев активного ила растворенных, взвешенных и коллоидных ЗВ (1-й этап биоочистки);
- бактериальные клетки внутри хлопьев - абсорбированный (растворенный) в жидкости кислород - адсорбированные хлопьями АИ загрязняющие вещества (биохимическое окисление органических соединений - 2-й этап и процесс нитрификации азотосодержащих соединений- 3-й этап биоочистки).

Поэтому, от эффективности гидродинамического и массообменного процессов в аэротенке зависит полнота деструкции ЗВ сточных вод.

Кислород, кроме предотвращения седиментации хлопьев АИ на дно аэротенка и отдува продуктов катаболизма, выполняет основное функциональное назначение: обеспечение *гидродинамического процесса* - перемешивания иловой жидкости и СВ. От эффективности гидродинамических процессов непосредственно зависит эффективность массообменных процессов.

Массообменные процессы определяют степень контакта фаз на границе раздела:

- адсорбция поверхностью хлопьев активного ила растворенных, взвешенных и коллоидных ЗВ (1-й этап биоочистки);
- бактериальные клетки внутри хлопьев - абсорбированный (растворенный) в жидкости кислород - адсорбированные хлопьями АИ загрязняющие вещества

(биохимическое окисление органических соединений - 2-й этап и процесс нитрификации азотосодержащих соединений- 3-й этап биоочистки).

Поэтому, эффективность гидродинамического и массообменного процессов в аэротенке является основным аргументом эффективности деструкции ЗВ сточных вод.

В аэротенках всех без исключения типов высота (глубина) столба жидкости конструктивно ограничена 4-5 метрами. Такая высота не в состоянии обеспечить время нахождения воздуха в жидкости более 5 сек. и минимизирует использование кислорода в процессе окисления до величины не более 5%. Учитывая плохую растворимость газов в воде, большая часть нагнетаемого в аэраторы кислорода будет «пролетать» транзитом через слой иловой жидкости в воздушное пространство над поверхностью аэротенков.

Для нормальной жизнедеятельности микроорганизмов АИ и осуществления процесса биохимического окисления поллютантов требуется растворенного кислорода, как считают ряд авторов (Хаммер, 1979г.) 0,2- 0,5 мг/дм³. Достаточность небольших концентраций O₂ подтверждена исследованиями на БОС «Казаньоргсинтез». Совершенно бессмысленно держать высокую концентрацию растворенного кислорода в иловой смеси на уровне 5 – 6 мг/дм³, как это часто осуществляют на практике, особенно при аномальных сбросах.

Более того, излишнее нагнетание воздуха в иловую смесь (как об этом упоминалось выше), затрудняет сорбцию загрязняющих веществ на хлопьях, «перемалывая» зооглейные скопления АИ и превращая хлопья в раздробленные отдельные бактерии, которые плохо осаждаются во вторичных отстойниках.

Резюмируя изложенные причины, касающиеся основных технологических недостатков аэротенков, ограничивающих эффективность биоочистки при повышенных и нестабильных нагрузках, можно сделать следующие выводы:

- основным фактором, определяющим полноту биоокисления, является гидродинамический процесс перемешивания, от которого зависит массообмен;

- оптимизация гидродинамического процесса сокращает время перемешивания и создает более равномерную концентрацию субстрата, АИ и O_2 , увеличивает скорость и эффективность биоокисления.

Оптимизация гидродинамического процесса в аэротенках возможно за счет изменения двух составляющих параметров:

1) изменением количества (объемов) потоков субстрата, циркуляционного АИ и воздуха;

2) изменением объемной скорости потоков и направлений движения потоков.

В практике изменить (увеличить или уменьшить) объемы параметров, составляющих гидродинамический процесс в аэротенке: субстрата и АИ не возможно, так как их количества предопределены конкретным технологическим режимом.

Следовательно, улучшить гидродинамику в аэротенке возможно только за счет *изменения направления потоков СВ и АИ*. (Следует отметить, что предлагаемый вариант оптимизации гидродинамики и наименее затратный в финансовом отношении, ибо не требует строительства сооружений и закупки оборудования). Сосредоточенная подача циркуляционного ила и рассредоточенная подача СВ через окна аэротенков – смесителей – вытеснителей коридорного типа не обеспечивает эффективное гидродинамическое смешивание, подтверждением чего являются падение («провал») кислорода и резкий скачек ХПК на кривых распределения O_2 и ХПК по длине аэротенка (рис.15).

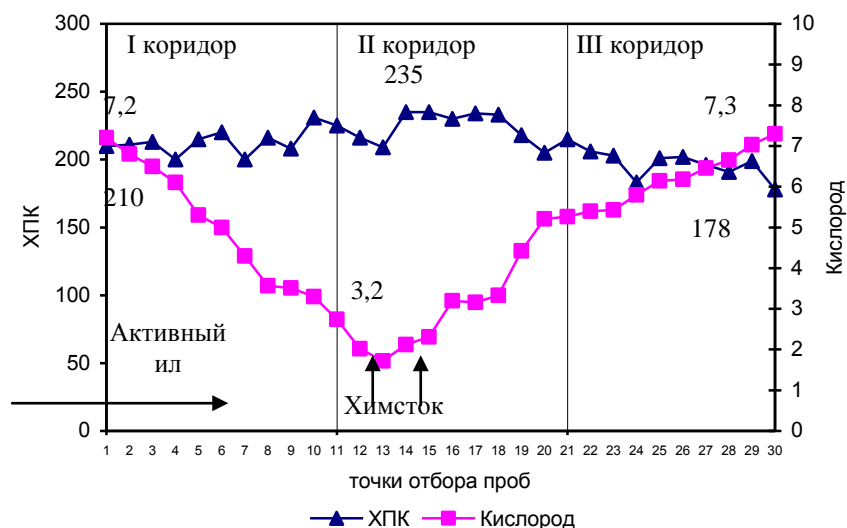


Рис. 15. Кривые распределения O₂ и ХПК по длине аэротенка

Перпендикулярность направленности потоков СВ и АИ, их значительная сосредоточенность и разная длина (расстояние) их прохождения в аэротенке - смесителе – вытеснителе коридорного типа, не обеспечивает эффективное гидродинамическое смешивание потоков жидкости, оказывает негативное влияние на микроорганизмы АИ в точках пересечения потоков. Неэффективное смешивание уменьшает скорость окисления и окислительную мощность, так как концентрация поллютантов, кислорода и активного ила не равномерная в объеме аэротенка.

[14, 39, 41, 42, 57]

50. Формулы для расчета окислительной мощности аэротенков, скорости окисления, нагрузки на ил, времени аэрации

Ответ:

Для оценки эффективности очистки в аэротенках используют показатели: нагрузка на ил (Н); окислительная мощность биосистемы (W) и скорость окисления (V). Нагрузка на ил – количество поступающих загрязнений (ХПК), отнесенное к дозе ила и времени окисления, определяется по следующей формуле.:

$$H = \frac{\text{ХПК поступающего стока}}{\text{Доза ила} \cdot \text{Время окисления}} ;$$

(Иногда вместо ХПК применяют БПК₅)

Окислительная мощность ила (W):

$$W = \frac{\text{ХПК снятого загрязнения}}{\text{Доза ила} \cdot \text{Время окисления}}$$

Скорость окисления (V):

$$V = \frac{W}{24} \cdot \text{Время окисления}$$

Время аэрации определяются следующей зависимостью:

$$\tau_{\text{аэр.}} = \frac{Q_{\text{аэр.}}}{W_{\text{а.и.}} + W_{\text{см.}}}$$

где: $\tau_{\text{аэр.}}$ – время аэрации; $Q_{\text{аэр.}}$ – объем аэротенка; $W_{\text{а.и.}}$ – количество АИ; $W_{\text{см.}}$ – количество СВ.

[14, 42]

51. Необходимость регенерации активного ила. Влияние объемов регенеративной зоны аэротенков на степень деструкции загрязняющих веществ.

Ответ:

Для стабилизации и улучшения очистки СВ, особенно изменяющегося состава и содержащие трудно окисляющиеся загрязнения (характерно для производственных СВ), необходима *регенерация*, то есть восстановление активного ила. В соответствии с требованиями СНиП 2.04.03-85 при поступлении СВ с БПК_{полн.} = 150 мг/л и более, а также при наличии вредных веществ необходимо применять регенерацию.

Регенерация заключается в аэрации активного ила без подачи вновь поступающих ЗВ и осуществляется или в отдельно расположенных сооружениях – регенераторах, или в специально отведенной для этой цели части (зоне) аэротенка. В случае осуществления регенерации в аэротенке, под объем регенерационной зоны отводится до 75% общего объема аэротенка. Объем регенерации может изменяться в зависимости от технологической необходимости. Но так как микрофлора активного ила практически одинакова и в той части аэротенка, которая отведена под регенерацию, и непосредственно в аэротенке, и, кроме того, с учетом непосредственного контакта ила со СВ, то регенерация ила в отведенной части аэротенка является не эффективной.

Практика эксплуатации БОС показывает, что не всегда максимальный объем регенерации является наиболее оптимальным. Например, исследованиями проведенными на БОС предприятия «Казаньоргсинтез» установлено, что из

нескольких вариантов биоочистки СВ в аэротенках – смесителях – вытеснителях 3-х коридорного типа с объемом регенерации в интервале 4,3 – 43% лучшие результаты биоочистки по многим показателям оказались при 27% объема регенерации (средняя величина в исследованном интервале). Определение дегидрогеназной активности ила (ДАИ) при различных объемах регенерации показало, что в конце зоны регенерации с объемом 4,3 %, ДАИ значительно выше, чем в конце зоны регенерации с объемом 27%, что свидетельствует о незаконченности процесса окисления ЗВ в зоне с объемом регенерации 4,3%. Иловый индекс и микроскопирование микроорганизмов показывает большую компактность и плотность хлопьев АИ. Отсутствие корреляции между увеличением объема регенерации до максимального (43%) и увеличением эффективности биоочистки по основным показателям, видимо, связано с тем, что при увеличении зоны регенерации уменьшается объем окисления (период аэрации), и при некотором предельно-минимальном объеме окисления его становится *не достаточно* для окисления сорбированных активным илом ЗВ данного состава СВ. Кроме того, оказывает влияние на эффективность окисления и различный возраст ила. Исследованиями установлено, что старый ил более устойчив к изменяющимся концентрациям и составу СВ. В аэриционной (окислительной) зоне с меньшим объемом возраст ила более молодой и воздействие измененного состава СВ вызовет более длительный адаптационный период.

В любом случае, готовых стандартных « рецептов» оптимального соотношения объемов регенерации и аэрации в аэротенках, совмещающих регенерацию и сорбцию-окисление не может быть,- их необходимо подбирать технологам под конкретный состав СВ и технологические параметры предыдущей механической очистки, абиотические и биотические факторы, обуславливающие функционирование микроорганизмов АИ.

Наиболее оптимальным технологическим решением является регенерация активного ила в отдельных сооружениях. В этом случае преимущество перед схемой биоочистки с регенерацией ила в аэротенке заключается в следующем:

- 1) отдельная регенерация позволяет поддерживать в регенераторе более высокую концентрацию ила (в 2-3 раза выше);
- 2) в регенераторе функционируют микроорганизмы, более адаптированные к деструкции трудно окисляемых соединений;
- 3) регенераторы обеспечивают высокую степень очистки СВ даже в случае поступления токсичных соединений; кроме того, регенераторы могут стать резервом работоспособного ила в случае его гибели в аэротенках по причине поступления токсичных стоков. [14, 21, 42, 57]

52. Какие соединения и в каком виде (фазе) присутствуют в сточных водах? Какие процессы сорбции и окисления происходят в аэротенке и в какой последовательности?

Ответ:

Все загрязнения сточных вод по своему происхождению подразделяются на *минеральные, органические и бактериологические.*

К *минеральным* загрязнениям относятся: растворы минеральных солей, кислот, щелочей, минеральные масла, песок, частицы шлака, руды и многие другие вещества. Минеральные загрязнения удаляются из СВ на очистных сооружениях в основном физико-химическими (нейтрализация, коагуляция), физическими (механическими) способами (седиментация). Частично могут удаляться на стадии биологической очистки СВ в аэротенках, но не биохимическим окислением, а преимущественно за счет сорбции минеральных веществ на хлопьях ила. Процесс сорбции минеральных веществ активным илом приводит к потере окислительной способности бактериальных клеток и необходимости периодической его регенерации, поэтому стремятся максимально освободиться от минеральных ЗВ на предыдущих стадиях очистки СВ. Некоторые минеральные соединения (например, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ - сульфат аммония), содержат органогенный элемент – азот -, из которого синтезируется белок, являющийся «строительным» материалом для клеток

Степень проникновения минеральных солей в бактериальную клетку зависит от диссоциации на ионы, от рН среды, электрического заряда поверхности бактерии.

Минеральные загрязнения практически присутствуют во всех СВ - производственных, коммунальных, ливневых.

Органические загрязнения можно подразделить по своей природе на *естественные* (природные) и *синтезированные* (искусственно полученные). Природные органические загрязнения, в свою очередь, бывают *растительного* и *животного* происхождения. К растительным относятся: растительные масла, гуминовые вещества, остатки растений, плодов и др. Основным химическим элементом загрязнений растительного происхождения – углерод.

К органическим загрязнениям животного происхождения относятся продукты экскреции людей, животных. Основным химическим элементом этих загрязнений – азот.

Природные органические загрязнения и растительного и животного происхождения содержатся в коммунальных СВ.

Синтезированные органические загрязнения присутствуют, в основном, в производственных сточных водах. Состав производственных сточных вод очень разнообразен и зависит от состава применяемого сырья, технологии, аппаратного оформления, режима ведения техпроцесса и других факторов.

К *бактериальным* загрязнениям относятся живые микроорганизмы - различные бактерии, дрожжевые и плесневые грибки. Особенность коммунальных СВ состоит в том, что в них содержится очень много микроорганизмов, в том числе патогенные бактерии, возбудители заболеваний брюшного тифа, паратифа, дизентерии, сибирской язвы и др., а также яйца гельминтов (глистов), попадающие в воду с экскретами животных, людей. Возбудители заболеваний содержатся и в некоторых производственных СВ, например, в СВ фабрик первичной обработки шерсти, кожевенных заводов и др.

По физическому состоянию загрязнения СВ делятся на:

1) *нерастворимые* загрязняющие вещества, находящиеся в грубодисперсном виде (в виде крупной взвеси, т. е. частиц с размерами больше десятых долей мм) и в

тонкодисперсном состоянии (суспензии, эмульсии и пены) с размерами частиц от десятых долей мм до 0,1мк;

2) *коллоидные* - с размерами частиц - 0,1 – 0,001мк;

3) *растворенные*, - находящиеся в воде в виде молекулярно-дисперсных частиц с размерами менее 0,001мк, которые уже не образуют отдельной фазы, и система становится однофазной - истинным раствором.

Процесс биохимической очистки СВ происходит в две параллельно протекающие стадии: в *первой стадии* при смешении СВ с активным илом происходит сорбция органических и частично минеральных загрязнений хлопьями ила и окисление легко окисляющей части органики. В этот период происходит резкое снижение концентрации растворенного O_2 и повышение дегидрогеназной активности ила (ДАИ); во *второй стадии* происходит восстановление сорбирующей способности активного ила – *регенерация* ила и последующее доокисление трудноокисляющихся органических загрязнений. Во второй стадии скорость потребления кислорода падает, ДАИ также стабилизируется (при наличии токсикантов ДАИ незначительна и может уменьшаться на обеих стадиях окисления).

В аэротенках, работающих на полную биоочистку, после завершения процесса деструкции органических веществ, происходит третья стадия – нитрификация азотсодержащих соединений, в которой потребление кислорода вновь возрастает. Но, обычно, процесс биоочистки доводят лишь до начала нитрификации - это обусловлено возникающей необходимостью денитрификации, которая, в свою очередь, обуславливает восстановление нитратов до азота. Выделяющийся азот, поднимаясь из отстойной части отстойников, увлекает за собой частицы осевшего ила, загрязняя очищенные СВ и вызывает проблемы с разделением иловой смеси во вторичных отстойниках.

[14, 21, 42]

53. Соотношение конструктивного и энергетического обменов в бактериальной клетке, как функция физиологического обмена при различных

режимах работы аэротенка – при штатном режиме (невысокие и стабильные нагрузки) и нештатном (аномальные и нестабильные нагрузки)

Ответ:

При окислении органических соединений СВ ферментами, вырабатываемыми клетками бактерий, выделяется энергия, необходимая бактериям для роста, а в процессе роста вырабатываются ферменты (дегидрогеназы и др.), без которых невозможна деструкция. Расщепление веществ – экзотермический процесс, сопровождается выделением энергии и называется *энергетическим или основным обменом*.

Синтез связан с поглощением энергии и называется *конструктивным обменом*. Конструктивный обмен обеспечивает рост или прирост биомассы микроорганизмов.

При окислении органическое соединение отдает электроны акцептору, сопровождающееся выделением энергии. Акцептором электронов чаще всего является (при биоочистке в аэротенках) свободный кислород - аэробные условия.

Если свободного кислорода нет (анаэробные условия), акцептором электронов служат неорганические соединения, но может служить и органическое соединение.

Большинство бактерий вырабатывают и выделяют фермент - дегидрогеназу, который является основным участником окислительного процесса. Дегидрогеназа отщепляет водород от органического соединения, окисляя его.

Из основного и необходимого условия обеспечения жизнедеятельности организмов - неразрывность и одновременность функционирования двух процессов: распада питательных веществ (основного или энергетического обмена) и синтеза за счет освободившейся при распаде энергии новых клеток (конструктивного обмена или прироста), можно принять следующие аксиомы:

4) Конструктивный («а») и энергетический обмены («в») функционально зависимы (являются производными) от физиологической активности организма («ф»);

5) физиологическая активность равна сумме конструктивного и энергетического обменов : $\phi = a + b$;

б) для конкретных условий функционирования организма, обусловленных сочетанием биотических и абиотических факторов, физиологическая активность-величина относительно постоянная;

4) для разных условий физиологическая активность разная, но только в границах определенного, конкретного значения абиотических и биотических факторов.

Рассмотрим возможные в производственных условиях различные варианты изменения физиологической активности бактерий:

А. Нагрузки на микроорганизмы небольшие (ХПК не более 450 мг O₂ /дм³), стабильные во времени (коэффициент равномерности нагрузок максимален), токсиканты и мутагены в стоках отсутствуют.

Физиологическая активность бактерий высокая и постоянная; энергия, выделяемая при окислении органических загрязнений достаточно высокая и ее вполне хватает на конструктивный обмен. В результате прирост ила высокий, в иле преобладают молодые бактерии, интенсивно вырабатывающие ферменты.

Постоянный прирост ила требуется непрерывно отводить из системы; если этого не делать, то излишнее количество бактерий не будут обеспечено субстратом - физиологическая активность снизится,- соответственно снизится и конструктивный обмен. Произойдет саморегулирование системы в соответствии с новыми абиотическими факторами, итогом которого будет уменьшение «ф», пропорциональное уменьшение слагаемых «а», «в» и, как следствие, - снижение эффективности биоокисления. На биоочистку будут отрицательно влиять и другие сопутствующие факторы. Например, накопление избыточного активного ила в биосистеме увеличит автолиз клеток бактерий; уменьшит флокулообразование и увеличит диспергирование бактерий; в результате снижения массообменных процессов по причине увеличения концентрации иловой массы уменьшится отвод из системы продуктов метаболизма; снизится количество простейших в биоценозе активного ила и др.).

Б. Нагрузки на биостанцию высокие (ХПК более 1450 мг O₂ /дм³), нестабильные во времени (коэффициент равномерности минимален), возможно присутствие в промстоках токсичных и мутагенных веществ.

Резкое повышение концентрации поллютантов в промстоках, тем более сопровождаемое содержанием токсикантов и мутагенов, оказывает угнетающее воздействие на бактерии, подавляет ферментативную систему клеток. Сокращается образование и выделение ферментов - дегидрогеназ, следствием чего является снижение энергетического обмена. Снижение энергетического обмена вызывает снижение выделения энергии и уменьшение прироста бактерий, что приводит к увеличению возраста активного ила.

В результате физиологическая активность микроорганизмов падает до минимального уровня. (Естественно, биоочистка сточных вод ухудшается).

Увеличившийся приток органических соединений, через определенный адаптационный для бактерий период, стимулирует энергетический обмен. Клетки выделяют биополимерный гель, перестраивают углеводный тип обмена на углеродный. Энергетический обмен стабилизируется и, по мере адаптации бактерий, - начинает повышаться, соответственно повышается и физиологическая активность. Но физиологическая активность не может увеличиваться пропорционально увеличению концентрации поллютантов, ибо ограничена окислительной возможностью (возможностью энергетического обмена) микроорганизмов. Значит, в уравнении: $\phi = a + b$, « ϕ » – достигнув максимального в данных условиях значения, остается на уровне, который не обеспечивает деструкцию субстрата. Деструкцию может обеспечить только слагаемое « b », но « b » лимитировано, как уже отмечалось, значением физиологической активности (« ϕ »). Энергетический обмен (« b ») можно увеличить только за счет уменьшения конструктивного обмена (« a »)- прироста активного ила.

В условиях залпового аномального сброса (разумеется, в пределах, исключающих лизирование всего биоценоза активного ила) биосистема сама адаптируется к новым условиям функционирования и увеличит основной обмен за счет сокращения конструктивного обмена, но, естественный путь восстановления деструкционного потенциала займет долгий период, в течение которого не исключается повторный аномальный сброс сточных вод с новыми поллютантами, вызывающими отрицательное воздействие другого характера.

[14, 21, 22, 23, 42, 57]

54. Расчетная формула для определения возраста активного ила. Влияние возраста на скорость и эффективность биодеструкции. Оптимальный возраст ил при различных режимах работы.

Ответ:

Одним из факторов изменения времени окисления трудноокисляемых соединений является возраст АИ.

Энергия, выделяемая при окислении субстрата микроорганизмами АИ, расходуется на поддержание жизнедеятельности микроорганизмов, включая энергетический обмен и прирост биомассы (конструктивный обмен).

Количество энергии выделяемой при деструкции субстрата, определяет физиологическую активность ила («ф»). Физиологическая активность - величина относительно постоянная для определенной биосистемы; она обуславливается двумя составляющими - конструктивным обменом («а») (прирост АИ) и энергетическим обменом («в») (энергетическая эффективность окисления субстрата).

То есть, $\phi = a + v$,

где: ϕ - физиологическая активность; a - трофический коэффициент, показывающий затраты субстрата на образование биомассы; v – коэффициент основного обмена, определяющий расход питательных веществ на энергетическое поддержание жизнедеятельности микроорганизмов. В условиях стабильных поступлений субстрата физиологическая активность микроорганизмов «ф» стабильна. При изменении концентрации субстрата, при залповых сбросах поллютантов СВ, физиологическая активность микроорганизмов не может увеличиваться в степени, равной увеличению загрязнений, так как ограничена окислительной возможностью. Возросшие потребности в поддержании жизнедеятельности микроорганизмов – увеличение составляющей «в» в уравнении при ограничении увеличения «ф», вызывает соответствующее уменьшение «а» - прироста ила.

Прирост ила, в свою очередь, определяет возраст ила в обратной пропорциональной зависимости.

Степень постоянства поступления СВ на биоочистку определяет два возможных варианта:

I^{ой} вариант – состав, соотношение ингредиентов стоков равномерное и постоянное, аномальные сбросы отсутствуют (характерен в основном для коммунальных СВ). В этом случае активный ил адаптирован к стабильным нагрузкам и физиологической активности достаточно и для энергетического обмена и для конструктивного. Но энергетический обмен стабилен и *минимален*, окисление загрязнений ферментами микроорганизмов происходит в достаточной степени. Так как на долю энергетического обмена (слагаемое «в» в уравнении) приходится минимальная величина, то с учетом сохранения относительного для данных условий биоочистки постоянства физиологической активности микроорганизмов (сумма «ф» в уравнении), на долю прироста (слагаемое «а») остается большая часть физиологической активности.

При стабильных нагрузках и отсутствии негативного влияния токсичных ЗВ в системе биоочистки будет интенсивный прирост микроорганизмов; качество биоочистки будет определять в основном ил *молодого возраста*.

II^{ой} вариант – состав, соотношение стоков, неравномерное, характерны залповые сбросы.

В этом случае сохранение некоторого минимального уровня физиологической активности микроорганизмов, обуславливающего жизнедеятельность и обеспечение определенного энергетического обмена, достигается за счет сокращения конструктивного обмена. Если рассматривать выполнение равенства при условии ограничения значения «ф» физиологической возможностью микроорганизмов, то при залповых, аномальных сбросах СВ, «ф» будет сохранено на минимальном уровне за счет уменьшения «а».

При реализации рассматриваемого второго варианта биоочистка будет более эффективно осуществляться *старым илом*.

В подобных режимах работы сооружений биологической очистки наиболее устойчив к абиотическим факторам *старый* активный ил, способный к более глубокой деструкции загрязнений, пусть и с меньшей скоростью. В данном случае для осуществления полноты очистки определяющим является не конструктивный обмен («а»), а энергетический обмен («в»).

Существует уравнение для определения возраста АИ:

$$B = \frac{a_{\text{ср}} \times W}{(Q - P) \times \Pi_1 + P \times a_{\text{изб}}}$$

где: B – возраст ила, сут; $a_{\text{ср}}$ – средняя доза ила в аэротенке, г/дм³; W – объем аэрируемых сооружений, м³; Q – расход сточных вод, м³/сут; Π_1 – содержание взвешенных веществ в очищенной воде, г/дм³; P – прирост (расход) избыточного ила, г/дм³; $a_{\text{изб}}$ – концентрация избыточного ила, г/дм³.

Но данное уравнение не учитывает колебание нагрузок (качество субстрата) во времени – аномальные сбросы СВ, и применимо для расчета возраста ила аэротенков, работающих по I^{му} варианту, то есть применимо для БОС со стабильными нагрузками.

Для предприятий НХК с меняющимися нагрузками предлагается ввести поправочный коэффициент (K_p), учитывающий нагрузки по ХПК:

$$K_p = \frac{\text{ХПК}_{\text{регл}}}{\text{ХПК}_{\text{max}} - \text{ХПК}_{\text{min}}}$$

где: $\text{ХПК}_{\text{регл}}$ – ХПК СВ регламентное, поступающего в аэротенки; ХПК_{max} и ХПК_{min} – ХПК фактическое поступающего в аэротенки химстока (максимальное и минимальное). Наименьший временной промежуток между анализами по ХПК химстока в уравнении необходимо принять с учетом суммарного времени нахождения СВ в сооружениях механической очистки, предшествующих биологической стадии очистки, - в песколовках, усреднителях и в первичных отстойниках.

[14, 21, 42, 57]

55. Описание процессов нитрификации в аэротенках. Основные бактерии, осуществляющие стадии нитрификации и условия, обуславливающие процессы нитрификации. Причины неудовлетворительной нитрификации.

Ответ:

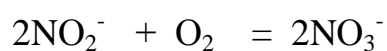
Окисление азота аммонийных солей под действием аэробных бактерий до нитритов и нитратов, называется *нитрификацией*, а бактерии - *нитрифицирующими* бактериями (или *нитрификаторам*). Основными нитрификаторами являются бактерии Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrosospira и др. Нитрификаторы относятся к автотрофам и не нуждаются в органических веществах, более того, присутствие в среде органических соединений угнетает жизнедеятельность микроорганизмов.

Восприимчивость нитрификаторов к растворенной органике в процессах биоочистки СВ в аэротенках требует предварительного окисления органических ЗВ сточных вод.

1-я стадия нитрификации (образование нитритов) происходит согласно уравнения:



2-я стадия нитрификации- окисление образовавшихся в первой стадии нитритов до нитратов,- происходит в соответствии с уравнением:



Осуществляют 2-ю стадию нитрификации бактерии рода Nitrobacter и начинается она после того, как *завершится 1-я стадия* и израсходуется весь аммиак, т. к. аммиак ингибирует Nitrobacter.

Гетеротрофные микроорганизмы являются конкурентами нитрификаторов - автотрофов в борьбе за кислород и аммиак и только после того, как органические ЗВ окислятся, создаются удовлетворительные условия для нитрификаторов.

Бактерии рода Nitrosomonas очень чувствительны к токсикантам, фенолу, оксиду углерода, метану, тяжелым металлам. Также чувствительны к изменению рН среды,-оптимальное значение рН =7,2-8,6, в кислой среде нитрификация прекращается.

Бактерии рода *Nitrobacter* еще более чувствительны к содержанию кислорода и рН среды (оптимум рН 7,0-7,6; $O_2=3,5$ мг/л). Для лучшей эффективности процесса нитрификации необходимо большее количество воздуха подавать в ту зону, где должен завершиться процесс окисления углеродосодержащих соединений и начаться процесс нитрификации, то есть в зону регенерации активного ила и в начала аэротенка.

Но бактерии второй стадии более устойчивы к токсикантам и воспроизводятся быстрее, поэтому лимитирующей в целом процесс нитрификации будет первая стадия, возбуждаемая бактериями рода *Nitrosomonas*.

Свойство бактерий - нитрификаторов функционировать при максимальном отсутствии углеродосодержащих органических соединений, дало возможность использовать их в качестве индикаторов завершения процесса биоочистки в аэротенках. Завершением биодеструкции органики можно считать начало появления нитритов в аэротенках, так как пока идет процесс окисления гетеротрофной микрофлорой, нитрифицирующие бактерии угнетены и, соответственно, нитритов и нитратов практически не будет. В сооружениях, работающих на полную биоочистку и обеспечивающих глубокую нитрификацию, после аэротенков содержание нитратов будет от 5,0мг/л и может достигать 40,0 мг/л, содержание аммонийного азота будет незначительным – не более 1,0мг/л. Нитриты, благодаря своей высокой способности к окислению, будут присутствовать в небольших концентрациях - на уровне десятых долей единицы.

Основными наиболее распространенными в практике причина недовлительной нитрификации являются следующие:

- 1) присутствие поллютантов в СВ (высокая токсичность);
- 2) высокая концентрация органических соединений в СВ и недостаточная биодеструкция их в аэротенках;
- 3) недостаток O_2 в аэротенках;
- 4) кислая среда;

5)подача азотсодержащих соединений (коммунальных СВ и органогенных элементов) непосредственно в аэротенки, вследствие чего азотсодержащие соединения не успеют восстановиться до аммиака.

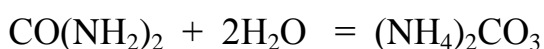
[14, 21, 22, 57]

56. В виде каких соединений присутствует азот в сточных водах. Влияние аммонификации белковых органических соединений бытовых СВ на процесс нитрификации в аэротенках.

Ответ:

В сточных водах азот присутствует в виде органических и минеральных соединений. В минеральных соединениях азот, в основном, представлен ионами NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- ; в органических – аминокислотами, белком, и др. соединениями. Химическими методами определяют азот минеральный - нитриты, нитраты, азот аммонийный и общий азот или азот по Кьельдалю, который включает азот органический и азот аммонийный (так как нитриты и нитраты отсутствуют или улетучиваются в процессе подготовки пробы).

В коммунальных СВ азот содержится в конечном продукте обмена белковых веществ в организме человека, животных – в составе мочевины - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$. Мочевина в результате воздействия гнилостных (аммонифицирующих) бактерий подвергается гидролизу, превращаясь из органического соединения в неорганическое :



Аммонификация мочевины происходит под воздействием анаэробных бактерий. В таком виде, т. е. в виде углекислого аммония, азот находится в сточных водах и далее, разлагаясь, выделяет аммиак:



Для гетеротрофных бактерий активного ила предпочтительным источником азота является *восстановленная* его форма,- аммиак. Окисленные формы азота (углекислый аммоний, гидролизующийся из мочевины коммунальных СВ, или сульфата аммония, (добавляемого в промстоки специально в качестве

органогенного (биогенного) элемента), сначала подвергаются процессу восстановления до аммиака и только затем уже участвуют в биоокислении ЗВ.

Восстановление азотосодержащих минеральных соединений до аммиака должно происходить максимально раньше до поступления в аэротенк для того, чтобы не уменьшать регламентированное время окисления (период аэрации) ЗВ в аэротенках на вынужденный процесс восстановления. Кроме того, при восстановлении азотсодержащих соединений в аэротенках увеличится содержание аммонийного азота в очищенных СВ.

Если же в аэротенки будет поступать не мочевина, то разложение этого белкового соединения будет происходить в анаэробных зонах, которые всегда есть в аэротенках. Это также вызовет увеличение аммонийного азота в очищенном стоке, затруднит процесс нитрификации.

Поэтому, чем больше время нахождения СВ в канализационной сети, т.е. в канализационной трубе и приемной камере насосной станции перед перекачкой в аэротенки - тем полнее происходит аммонификация белковых органических соединений за этот период и тем более «подготовленной» к нитрификации поступит сточная вода в аэротенки.

Место (точку) подачи биогенных элементов в промстоки также необходимо максимально дистанцировать от входа в аэротенк.

[14, 21, 42]

57. Что такое денитрификация и влияние денитрификации на работу вторичных отстойников

Ответ:

Нитраты и нитриты, образовавшиеся в процессе нитрификации, обладают запасом кислорода и являются потенциальными донорами кислорода, который может быть использован для окисления оставшихся углеродосодержащих органических соединений, когда израсходован весь растворенный кислород. В анаэробных условиях под воздействием денитрифицирующих бактерий родов *Micrococcus*, *Pseudomonas* и др. многие органические соединения СВ могут

окисляться за счет кислорода нитратов, нитритов, которые восстанавливаются до азота или до аммиака по следующей схеме:



Денитрифицирующие бактерии, являясь факультативными, при достаточном количестве O_2 в жидкости, могут окислять углеродосодержащую органику как обычные аэробы; при недостатке O_2 – переключаются на восстановление нитратов. При этом электроны переходят от окисляемого соединения к кислороду восстанавливаемых нитратов, нитритов.

Нитраты и нитриты чаще всего присутствуют в аэротенках в виде солей щелочных металлов, так как в СВ есть ионы металлов и при распаде солей образуются щелочи. Поэтому, при денитрификации pH среды повышается.

Процесс денитрификации будет всегда происходить и в сооружениях биологической очистки СВ, так как для этого есть все предпосылки: определенная концентрация нитратов и нитритов; недостаток O_2 – аэротенках имеются застойные, анаэробные зоны; во вторичных отстойниках на дне в нижней части его, также есть анаэробные зоны.

Внутри хлопьев активного ила ввиду недостаточной диффузии O_2 и создания аэробности будет происходить денитрификация, сопровождаемая выделением образующегося азота.

Денитрификация, с одной стороны, - процесс положительный для БОС, т. к. повышает эффективность очистки СВ за счет снижения концентрации нитратов, нитритов в анаэробных условиях и дополнительно окисляет органические ЗВ в аэробных условиях.

С другой стороны, выделяющийся при восстановлении газообразный азот, разрыхляет хлопья ила в аэротенках, во вторичных отстойниках, поднимает их со дна вторичных отстойников и выносит вместе с очищенной водой. Особенно это наблюдается в летний период, когда:

- анаэробность увеличивается за счет уменьшения растворимости O_2 ;
- процесс денитрификации интенсифицируется повышением температуры (прогреванием воды во вторичных отстойниках);

- скорость подъема пузырьков азота и турбулентность увеличивается, т. к. растворимость азота и вязкость воды в отстойнике уменьшаются.

Профессионализм грамотного технолога БОС заключается как раз в том, чтобы для конкретных условий биоочистки СВ найти тот оптимальный вариант соотношения процессов нитрификации-денитрификации, который бы обеспечил :

1) минимальное дозирование недостающего для биоочистки биогенного элемента – азота.

Добавление минеральных соединений азота в виде $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ или какого-либо другого азотсодержащего соединения, должно производиться с учетом следующих факторов:

- поступления (концентрации) соединений азота (аммония, общего азота, нитратов, нитритов) в коммунальном стоке (если таковой имеется) и в промстоке;
- нагрузки по окисляемым органическим ЗВ (величина БПК);
- содержание поллютантов в поступающем промстоке и токсичность промстока;
- соотношение БПК и ХПК перед БОС;
- нитрификационный потенциал (соотношение БПК и общего азота перед БОС);
- возраст активного ила, концентрация O_2 и температура в аэротенках;
- концентрация аммония, нитратов, нитритов, общего азота в очищенном стоке;
- концентрация O_2 и температура воды в нижней (конусной) части вторичных отстойников;
- другие показатели, необходимость анализа которых определяется конкретной ситуацией.

(К сожалению, иногда встречается практика эксплуатации БОС, обеспечивающая при аномальных сбросах промстоков любого состава и количества, максимальную добавку азотсодержащих соединений).

2) определение оптимального уровня процесса нитрификации, позволяющего окислить соли аммония до концентрации, при которой процесс денитрификации будет обеспечивать минимальное содержание азотсодержащих соединений в очищенном стоке при минимальном выносе с очищенным стоком взвешенных веществ.

[14, 21, 23, 42, 57]

58. Назначение подачи воздуха в аэротенки и почему увеличение аэрации в аэротенках не сопровождается увеличением эффективности очистки СВ? Какая концентрация растворенного кислорода в иловой смеси является оптимальной?

Ответ:

Воздух нагнетается турбовоздуходувками в аэротенк с целью:

- обеспечения кислородом аэробных микроорганизмов в процессе биохимического окисления органических ЗВ (кислород является акцептором водорода, отщепляемого ферментом – дегидрогеназой от окисляемого органического соединения);
- перемешивание смеси СВ и АИ с целью создания необходимых гидродинамических и массообменных процессов, обеспечивающих необходимый контакт хлопьев АИ и поллютантов;
- исключения застойных бескислородных зон в аэротенке и возможности анаэробного сбраживания ЗВ;
- насыщения кислородом очищенной сточной воды с целью повышения стойкости воды (предотвращения загнивания);
- отдув продуктов катаболизма.

Процент использования кислорода воздуха активным илом при мелкопузырчатой аэрации максимален и достигает 15-18%. Но для обеспечения высокой степени биохимического окисления достаточно концентрации растворенного кислорода в иловой смеси на уровне 2 мг/дм³. Более высокая концентрация кислорода не влияет на эффективность биоокисления.

Основным фактором, обуславливающим высокую степень биоочистки, является массообменный процесс в аэротенках, от эффективности которого зависит площадь (поверхность) контакта фаз на границе: газ (кислород) – жидкость (сточная вода) - твердое вещество (хлопья активного ила).

Мелкопузырчатые аэраторы менее эффективно обеспечивают гидродинамический процесс (перемешивание) по сравнению с крупнопузырчатыми. Увеличение производительности отдельных турбовоздуходувок или включение в работу дополнительных турбовоздуходувок сопровождается увеличением скорости всплытия пузырьков воздуха. Увеличение скорости и, соответственно, уменьшение времени движения пузырьков воздуха от барботеров через слой иловой жидкости до поверхности, уменьшает время контакта и ухудшает массообмен на границе раздела фаз «газ – жидкость – поверхность хлопьев ила».

К технологическим отрицательным последствиям применения интенсивной аэрации за счет интенсификации аэрации или применения мелкопузырчатых аэраторов, следует отнести уменьшение сорбции ЗВ хлопьями АИ в результате их дробления. Кроме того, интенсивная аэрация может привести к затруднению образования биополимерного геля вокруг флокул активного ила и разрушения имеющегося слоя геля, что в итоге приведет к снижению катаболизма органических ЗВ. [14, 21, 41, 57]

59. Как влияет на эффективность биоочистки соотношение подаваемых в аэротенки количеств СВ, АИ и периода аэрации; температуры.

Ответ:

Проведенные исследования в аэротенках БОС химического предприятия при различных соотношениях СВ и АИ и при различных периодах аэрации (времени окисления) дают основания сделать следующие выводы:

- изменение глубины (полноты) биоокисления загрязнений на всех этапах исследования связаны с изменением двух технологических параметров биоочистки: соотношением АИ, химстока в аэротенках и временем аэрации (биоокисления) (« $\tau_{\text{аэр}}$ »);

- на эффективность окисления основных ЗВ промышленных СВ химического предприятия влияет период аэрации и соотношение подаваемых в аэротенк СВ и АИ, но в большей степени эффективность биоочистки зависит от соотношения потоков, чем от « $\tau_{\text{аэр}}$ »;

- для определенной технологической схемы очистных сооружений и определенных биотических, абиотических параметров БОС существует определенное оптимальное соотношение потоков СВ, АИ, периода аэрации, при которых достигается максимально возможная деструкция ЗВ. Оптимальное указанное соотношение может быть установлено исследованиями в конкретных условиях;
- приоритетность соотношения потоков СВ, АИ перед « $\tau_{\text{аэр}}$ », обеспечивающая лучшую биоочистку, можно объяснить приоритетностью значения гидродинамических и массообменных процессов в аэротенках

Повышение температуры, прежде всего, влияет на ферментативную активность микроорганизмов АИ. Вследствие того, что ферменты представляют собой в основном белки, при повышении температуры выше 50°C происходит необратимая инактивация практически всех ферментов. У различных ферментов разная устойчивость к повышению температуры, но, как правило, повышение температуры выше 35°C уже неблагоприятно.

Максимальная ДАИ при контакте ила со сточной водой зафиксирована при температуре 27-29 °С и дозах ила 2,5 - 5,0 г/дм³. Дальнейшее повышение температуры незначительно понизило уровень активности, причем в варианте с дозой ила 7,4 г/дм³ в 1,5 раза, что повидимому объясняется наличием температурного интервала работы фермента – верхняя граница которого составляет 34 - 35°C. При низких температурах активность падает в 2 раза, исключение составляет вариант с дозой ила 7,4 г/дм³, при которой активность уменьшается в 1,5 раза. При больших дозах ила вероятность выживания психрофилов и мезофилов выше, так как внутри хлопьев ила сохраняются зоны с более высокой температурой. Оптимум температур для дегидрогеназной активности составляет 27-29 °С, возможно работа в режиме 20-22°C, но снижение температуры до 11°C и повышение до 34°C неблагоприятно влияет на ферментативную активность ила.

Изменение температуры в аэротенках не вызывает однозначные изменения деструкции различных ЗВ, для каждого из которых существует своя оптимальная температура при определенной концентрации.

[14, 21, 23, 42, 57]

60. Влияние процессов сорбции – десорбции загрязняющих веществ хлопьями АИ на эффективность биоокисления

Ответ:

Как известно специфика структуры и свойств хлопьев АИ обеспечивает большую сорбционную поверхность (поверхность 1г активного ила достигает 120 м²). Способность АИ к биосорбции и биохимическому окислению ЗВ значительно превышают возможности природных экосистем в трансформации соединений.

Сорбционные свойства АИ обеспечиваются наличием полимерного геля в структуре хлопьев, состоящего из полисахаридов, белков, ДНК, РНК, поэтому внеклеточные полимеры содержат разные функциональные группы, которые способны сорбировать загрязняющие вещества различной природы.

Исследования показали, что при меньшей концентрации О₂ сорбция в 1,5-3 раза выше, чем при высокой концентрации О₂ (6,0 г/дм³). Причина, как уже объяснялось выше, заключается в том, что при увеличении количества подаваемого в аэротенки воздуха, увеличивается скорость всплывания пузырьков воздуха и уменьшается массопередача от газового пузыря к хлопьям активного ила на границе «газ - жидкость», «жидкость - иловая частица». Кроме того, интенсивный барботаж вызывает излишнее перемешивание - «дробление» активного ила, которое затрудняет сорбцию загрязнений на хлопьях АИ.

Процесс сорбции сопровождается десорбцией. Загрязняющие вещества с поверхности клетки десорбируют в иловую смесь, а когда концентрация веществ в смеси становится меньше равновесной по отношению к первоначально сорбированному количеству вещества - наблюдается частичная десорбция и перераспределение загрязнений между сорбентом и жидкостью в аэротенке.

Исследование процессов сорбции - десорбции в аэротенках показало, что, во-первых, для каждого ЗВ существует свое оптимальное время окисления, во-вторых, увеличение сверх установленного оптимального времени окисления не

всегда сопровождается улучшением очистки, - для некоторых соединений - наоборот.

[23, 53, 57]

61. Назначение, устройство вторичных отстойников. Оптимальное время нахождения илового осадка во вторичных отстойниках и почему это время лимитировано?

Ответ:

Вторичные отстойники применяются для разделения иловой смеси после аэротенков,- возврата рециркуляционного АИ в аэротенки и отведения на сброс в водоем очищенной СВ. Вторичные отстойники по конструкции могут быть вертикальными, радиальными (наиболее часто применяемые).

В радиальный отстойник исходная СВ подводится по вертикальному трубопроводу снизу вверх, из которого изливаются в отстойную часть через распределительное устройство. Распределительное устройство представляет собой цилиндр (кольцо), вращающийся вместе с илососом, нижняя часть распределительного устройства погружена на 1,0 – 1,2 м. Верхняя часть распределительного устройства также открыта и выступает над уровнем жидкости в отстойнике на 50 – 70мм. Одним из основных конструктивных факторов, от которых зависит эффективность работы радиальных отстойников, является глубина погружения кольца и горизонтальность его расположения. При излишней заглубленности кольца в жидкость произойдет изменение направления движения и скорости жидкости с вертикально нисходящей на частично вертикально восходящую и горизонтальную в более нижних слоях жидкости, непосредственно в отстойной части отстойника, что вызовет «взбаламучивание» осадка, увеличению скорости и уменьшению эффективности фазового разделения. При недостаточной глубине погружения кольца, на выходе из нижнего створа кольца жидкости будет превалировать горизонтальная скорость над вертикально – нисходящей, что приведет к повышенному выносу взвешенных веществ с осветленной водой.

Осветленная вода переливается через борта водосливов, собирается в водосборном лотке, откуда далее поступает на доочистку. Большое значение для минимизации выноса взвешенных частиц с осветленной водой через водослив имеет гидравлический режим движения жидкости на выходе из вторичного отстойника. Основными факторами, определяющими гидравлический режим – равномерность объемной и линейной скорости вертикального ламинарного движения жидкости при изменяющихся во времени нагрузках на отстойник, является горизонтальность и ровность поверхности водосливного лотка. Поэтому, отклонение по горизонтали для водослива отстойника диаметром 16м допускается не более 1мм.

Следует обратить внимание на то, что иногда для обеспечения более равномерной скорости движения жидкости на выходе из отстойника рекомендуется водослив делать зубчатым. Но в этом случае, уменьшается длина окружности водослива на величину общей длины (ширины) зубьев, уменьшение длины водослива вызовет увеличение скорости слива жидкости. Увеличение скорости перелива на водосливе создаст переход ламинарного движения к турбулентному, что будет обуславливать дополнительный вынос взвешенных веществ с осветленной водой.

В последнее время стали применяться радиальные отстойники с периферийным подводом СВ.

Дно радиальных отстойников должно иметь уклон от периферии к центру не менее 0,1 (по СНиП 2.04.03-85 уклон должен быть 0,005- 0,05).

Применяемые жестко закрепленные на ферме скребки илоскребов при вращении оставляют «мертвую» зону между скребками и между крайним скребком и стенкой отстойника. Более эффективными являются шарнирно закрепленные скребки, которые при вращении перекрывают граничные зоны, не оставляя мертвых пространств.

Радиальные отстойники менее восприимчивы к колебаниям гидравлических нагрузок по сравнению с вертикальными отстойниками. Соотношение диаметра и глубины (высоты) отстойников определяется многими факторами, среди которых

основными являются *технологические*: максимально возможное время нахождения осадка в анаэробных условиях (не более 2 час); максимальное значение равнодействующей горизонтальной и вертикальной скоростей движения взвешенных частиц, обеспечивающая седиментацию частиц на расстоянии, не превышающим диаметр отстойника; *эксплуатационные*: наличие свободных площадей, обеспечивающих размещение отстойников и оптимальные разрывы между сооружениями для проезда вспомогательной автотехники и механизмов при ремонте; простота обслуживания и ремонтов. Оптимальной является глубина отстойника равная 0,15 – 0,18 диаметра.

В практике эксплуатации вторичных отстойников обеспечение эффективного разделения иловой смеси в соответствии с установленными нормативами требованиями, является довольно сложной проблемой. Кроме того, от качества возвращаемого ила, которое определяется прежде всего временем нахождения его во вторичных отстойниках, зависит качество биохимической очистки СВ в аэротенках. Вторичные отстойники очень чувствительны к изменению гидродинамической нагрузки и небольшое увеличение потока иловой смеси может вызвать вынос взвешенных частиц с очищенной водой. Поэтому, вторичные отстойники всегда следует проектировать с резервированием производительности на возможный случай увеличения нагрузки.

Основной показатель, характеризующий способность ила к осаждению, является *иловый индекс* – объем ила после 30-ти минутного отстаивания, отнесенный к 1г сухого вещества. Нормально оседающий ил считается с иловым индексом 90 – 120 см³/г. Иловый индекс зависит от многих отрицательно влияющих на его значение факторов, к основным из которых относятся следующие:

- воздействие тяжелых металлов и других токсикантов, присутствующих в СВ;
 - высокий уровень слоя осажденного ила в отстойниках; рекомендуемая высота ила должна быть не более 30% общей высоты отстойника зимой и не более 15% летом.
- Для контроля верхнего уровня илового осадка в отстойники устанавливаются приборы или контрольные эрлифты.

- высокая концентрация активного ила в аэротенках; оптимальной для седиментации во вторичных отстойниках является концентрация ила не более 2,5 мг/л;
- невысокая концентрация растворенного кислорода в аэротенках и отстойниках – менее 2 мг/л;
- нитчатое или гелевое вспухание ила;
- возраст ила;
- поступление на БОС СПАВ и другие причины.

Основной технологический параметр эксплуатации вторичных отстойников от которого зависит эффективность разделения смеси и биохимическая очистка в аэротенках является *время отстаивания (время нахождения)* в отстойниках.

С одной стороны увеличение времени нахождения в отстойниках вызывает:

- а) доокисление аэробами – гетеротрофами органических соединений, которым не хватило периода аэрации в аэротенках; б) разделение смеси улучшается – уменьшается вынос взвешенных веществ с очищенной водой из отстойников.

Но максимальное время нахождения иловой смеси в отстойниках может сопровождаться началом нитрификации (если углеродосодержащие органические соединения окислены), что приведет к повышенному содержанию нитритов, нитратов в очищенном стоке. При длительном времени нахождения иловой смеси во вторичных отстойниках (более 2-х часов) без доступа O_2 может начаться процесс денитрификации, что вызовет газовыделение из иловой смеси и вынос из иловой части отстойника взвешенных частиц вместе с пузырьками газа.

Уменьшение времени нахождения иловой смеси менее оптимального: а) не обеспечивает необходимую седиментацию и приводит к выносу взвешенных частиц;

- б) ухудшает гидродинамический режим в аэротенках, приводит к излишней гидравлической нагрузке на аэротенки и уменьшению периода аэрации.

[14, 21, 23, 42, 57]

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Резолюция четвертой Всероссийской конференции «Новые приоритеты национальной экологической политики в реальном секторе экономики».- Москва, 2008.
2. Государственный доклад о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2008 году -Москва,ООО «РПП Р РусКонсалдингГрупп» по заказу МПРиЭ РФ, 2009.-88 с.
3. Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и об охране окружающей среды РТ в 2008 г.- Казань: Изд. «Заман», 2009.- 475с.
4. Европейский опыт управления природоохранной деятельностью и обращения с отходами // аналитический обзор - Дюссельдорф, Германия: INTAMT e. V. 2010. – 48с.
5. Мелконян Р.Г., Глебов А.Н., Ковальская Р.Н. Природа и общество: экологический конфликт и пути его решений.- Казань: Издательство «Экоцентр», 2006.- 265с.
6. Селивановская С. Ю. Отходы производства и потребления: правовое регулирование, утилизация, размещение.- Казанский государственный университет, 2009.- 220с.
7. Гарин В.М., Кленова И.А., Колесников В.И. Экология для технических вузов.- Ростов н/Д: Издательство «Феникс», 2003.- 384с.
8. Мазур И.И., Молдаванов О. И. Курс инженерной экологии.- М.: Высш. шк., 1999.- 447с.
9. Лукин П.М. и др. Бензол в бензинах и отработанных газах автомобильного транспорта// Глобальные проблемы экологизации в европейском сообществе; сборник трудов Международной конференции.- Казань, 2006, стр. 96-98.
- 10.Тимонин А.С. Инженерно – экологический справочник. Т.1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003.- 917с

11. Банина Н.Н., Суханова К.Н., Колесников С. Г., Таразанов В.В. Самоочищение водоемов и биологическая очистка сточных вод/Простейшие активного ила.-Л.: Наука, 1983.- С.5-26.
12. Беляева М.А., Гюнтер Л. И. Биоценозы активных илов высоконагружаемых аэротенков и аэротенков с длительным периодом аэрации / Докл. Моск. о-ва испытателей природы 1967-1968.- М., Изд. Моск. об-ва испытателей природы, 1971.- С.88.90.
13. Ковалева Н.Г., Ковалев В.Г. Биохимическая очистка сточных вод предприятий химической промышленности. / М.: Химия, 1987-156с.
14. Жмур Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками.-М.: Акварос, 2003.- 507 с.
15. Микробиология загрязненных вод / Под ред. Р. Митчелл. Пер. с англ. М., медицина, 1976.- 319.с.
16. Роговская Ц. И. // Водные ресурсы, 1975, № 3, с.164-176.
17. Рапопорт И.А., Васильева. Применение химического мутагенеза в биологическом разрушении промышленных химических отходов / Самоочищение и биоиндикация загрязненных вод.- М.:Наука, 1980.- С.38-40.
18. Болховских З.Б., Гриф В.Г.,Захарьева О.И., Матвеева Т.С. Хромосомные числа цветковых растений.- Л.-1969.- 928 с.
19. Иванов А.В., Семенов В.В. и соавт. Методические рекомендации по биоиндикации мутагенного фона внешней среды на высших растениях // №05-485.-23.02.93.- Казань.-23с.
20. Никитина О.Г. Индикаторное значение корненожек активного ила / Простейшие активного ила.-Л.:Наука, 1983.- С.130 - 133.
21. Голубовская Э.К. Биологические основы очистки воды.- М.: Высшая школа, 1978.- 268с.
22. Юровская Е.М. Микробиологическая очистка промышленных сточных вод.- Киев: Здоровье, 1984 – 289с.
23. Поруцкий Г.В. Биохимическая очистка сточных вод органических производств.- М.: Химия, 1975.- 256с.

24. Алексеева Л.П., Драгинский В.Л., Сергеев С.Г., Смирнова Т.И. Уменьшение концентраций хлорорганических соединений // Водоснабжение и санитарная техника.- 1994.- №11.- С.4-6.
25. Правила охраны вод (Типовые положения). Москва, 1991.
26. Организация и проведение режимных наблюдений за загрязнением поверхностных вод суши на сети Роскомгидромета. Методические указания. Охрана природы. Гидросфера. РД 52.24.309-92. / СПб.: Гидрометеиздат,- 1992.- 67 с.
27. Фрумин Г.Т. и Слотина С.Е. Биохимическое самоочищение водных объектов. // Журнал экологической химии, – 1993. - №3. – С. 231 - 236.
28. Игнатьева Л.И., Николаева Л.А. Диоксины и др. полихлорированные соединения в водоисточниках Прибайкалья // Материалы конференции «Вода и здоровье: проблемы, пути решения».- Пенза.- 1995.-С.35-38.
29. Козловская В.И., Герман А.В. Полихлорированные биоренилы и полиароматические углеводороды в экосистеме Рыбинского водохранилища //Водные ресурсы.- 1997.- т.24.- №5.- С.563 - 569.
- 30.. Иванов А.В. Побочные эффекты обеззараживания воды хлором.- 1995 - №5-инф. бюл. ГК РТ СЭН, 43с.
31. Кирсанов В.В., Степанова Н.Ю., Смолко А.А. Способ комплексного мониторинга района выпуска сточных вод с помощью гидробиологических методов анализа, // Известия Самарского научного центра Российской академии наук.- Самара, 2007.- С.64 - 76.
32. Дубинин Н.П. Новое в современной генетике .- М.: Медицина,1986.-224с.
33. Кожухарь И.Ф. Роль донных отложений в самоочищении воды Дубоссарского водохранилища. // Антропогенное эвтрофирование природных вод: Тезисы докладов на II Всесоюзном совещании по антропогенному эвтрофированию природных вод АН СССР. - Черноголовка, 1977. - С.143-147.
34. Буштуева К.А.,Случанко И.С. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды.- М.: Медицина, 1979.-160с.

35. Сидоренко Г.И., Кутепов Е.Н. Приоритетные направления научных исследований по проблеме оценки и прогнозирования влияния факторов риска на здоровье населения // Гигиена и санитария, 1994.- №8.- С.3-5.
- 36 Эльпинер Л.И. Медико-экологические подходы к оценке роли водного фактора в среде обитания человека // Вестник АМН СССР.- 1989.-№8.- С.18-26.
- 37 Статистика здоровья и здравоохранения (по материалам Республики Татарстан в 1997-2001 годы): учебно-методическое пособие // Казан. Гос. мед.акад., Республиканский медицинский информационно-аналитический центр Минздрава Республики Татарстан.- Казань: Медицина, 2002.- 234с.
38. Кирсанов В.В., Смолко А.А. Способ безреагентной дезинфекции (биообеззараживания сточных вод // Химическая промышленность сегодня.- М., 2007.-№11.-С.49-51.
- 39.Кирсанов В.В Гицарева Е.В., Смолко А.А. Исследование влияния равномерно-рассредоточенного распределения потоков активного ила и химстока на эффективность очистки сточных вод в аэротенке // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе.- М.,2008, №10.- С.14-19.
40. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.- М., 1986.
41. Хаммер М. Технология обработки природных и сточных вод.- М.: Стройиздат, 1979 -400с.
42. Яковлев С.В., Карелин Я.А., Жуков А.И., Колобанов С.К. Канализация. Издание пятое./ М. 1978. Стройиздат.- 671 с.
43. Кирсанов В.В. Промышленная безопасность и экология нефтехимических производств. / Казань, изд-во «Экоцентр», 2006.- 176 с.
44. Кирсанов В.В. Парадигма психологии промышленной безопасности. / Казань, изд –во «Экоцентр», 2007.- 166 с.
45. Кирсанов В.В. Исследование влияния кислородного режима и концентрации активного ила на эффективность биодеструкции основных загрязнений химстока при предельных нагрузках. // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе.- М., 2008, №10 С.-19-25.

46. Кирсанов В.В., Гицарева Е.В., Смолко А.А. Определение влияния коэффициента рециркуляции и времени аэрации на эффективность биоокисления основных загрязнений химстока в аэротенках. //Экология урбанизированных территорий.- М., 2008.- №10.- С.89-92.
47. Краткий определитель бактерий Берги. – М.: Мир, 1980 – 496 с.
48. Куликов Н.И. Интенсификация процессов очистки сточных вод от ксенобиотиков пространственной сукцессией закрепленных микроорганизмов // 1 Всес. Конф. по микробиологии очистки воды: Тез. докл.- Киев: Наукова думка, 1982. – С.29 – 31.
49. Гонопольский А.М. и др. Сравнение эколого – экономических характеристик методов утилизации свалочного газа // Рециклинг отходов.- 2007. №3.- с.2 – 7.
50. Иерусалимский Н.Д. Основы физиологии микроорганизмов./ М.: Высшая школа. 1963.- 282 с.
51. Экологическая биотехнология: Пер. с англ. / Под ред. К. Ф. Форстера, Д.А.Дж. Вейда.-Л.: Химия, 1990.- Пер. изд.: Великобритания, 1987.- 384с.
52. Ушаковская Л.Н., Куликов А.И., Васильева А.Н. Оценка продолжительности очистки сточных вод в аэротенке и регенерация активного ила. // Химия и технология воды. 1988, Т. 10, №1.
53. Удод В.М. Биоадсорбционная очистка сточных вод. / Химия и технология воды. 1986. Т. 8. №3.
54. Синельников В.Е. Проблемы чистой воды / М: Знание, 1978. – 80с.
55. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / Ред. Абакумов В.А. СПб: Гидрометеиздат, -1992.- 318 с.
56. Кирсанов В.В., Глебов А.Н., Фролов Д.В., Смолко А.А. Модернизация технологии биологических очистных сооружений нефтехимического комплекса // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе.- М. 2007.- №11.- С.25-28.
57. Кирсанов В.В. Научно – технические основы совершенствования системы мониторинга, управления экологической безопасностью и процессами биоочистки сточных вод предприятий нефтехимического комплекса // Диссертация на соискание степени доктора технических наук.- Казань, 2008.

58. А.с. СССР №1070849. Способ биохимической очистки сточных вод от органических веществ /Свиридов С.И., Кирсанов В.В., Пеньковцева И Г., Асадуллин А.З. Оpubл. .1995.
59. Худолей В.В. Канцерогены: характеристики, закономерности, механизмы действия.- СПб.: Изд. НИИ химии СибГУ, 1999 -419 с.
60. Эйхенбергер Э. Взаимосвязь между необходимостью и токсичностью металлов в водных экосистемах // В сб. Некоторые вопросы токсичности ионов металлов/ Под ред. Х. Зигель и А. Зигель.- М.: Мир, 1993.-С.366.
61. Эль Ю.Ф.,Исаев О.Н., Дайнеко Ф.А. Практические условия обеспечения глубокой биологической очистки сточных вод / В сб. Проекты развития инфраструктуры города. Вып.1. Технологические аспекты решения экологических проблем городской среды. М.: Изд. Прима-Пресс, 2001 -90 с.