

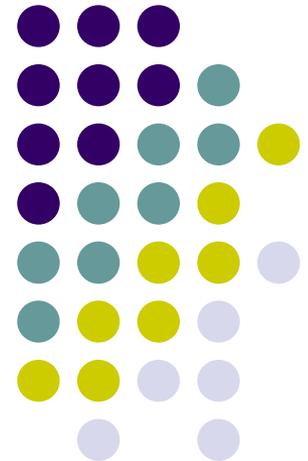
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное бюджетное государственное образовательное учреждение
высшего образования «Оренбургский государственный университет»
Химико-биологический факультет
Кафедра биохимии и микробиологии

Микроорганизмы в природных экосистемах и их использование при решении экологических проблем

Часть 3: Микроорганизмы воздуха

Лекция 13

Лектор: Давыдова Ольга Константиновна, к.б.н., доцент



План лекции:



- Микроорганизмы воздуха
 - Микроорганизмы атмосферного воздуха
 - Микроорганизмы воздуха помещений
 - Микробный аэрозоль
 - Микробиологический контроль качества воздушной среды.
 - Седиментационный метод
 - Аспирационный метод
 - Определение сапрофитных микроорганизмов
 - Критерии оценки воздуха
- Методы микробиологической очистки воздуха
 - Биофльтрация
 - Биоскрубберы
 - Преимущества и недостатки микробиологической очистки

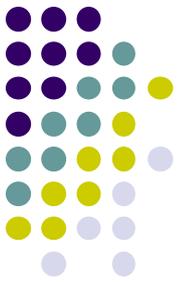
История исследования микроорганизмов воздуха



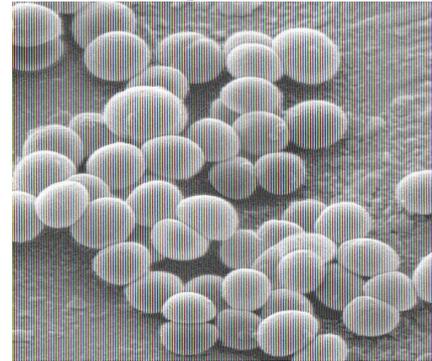
- Микробиологические исследования воздуха в жилых домах, школах и других общественных помещениях ведутся уже более ста лет.
- Целью первых исследований являлось определение «чистоты» различных типов помещений и выявление возможной связи с уровнем смертности их обитателей.
- 40-50-е гг. - систематические исследования по изучению микробиологического состава воздуха больниц, а впоследствии открытие аллергенных разновидностей плесени, содержащихся в воздухе жилищ, общественных зданий и улицы.
- 50-60-е гг. были посвящены изучению профессиональных заболеваний органов дыхания среди фермеров и рабочих, контактирующих с солодом и хлопком.



Микроорганизмы воздуха

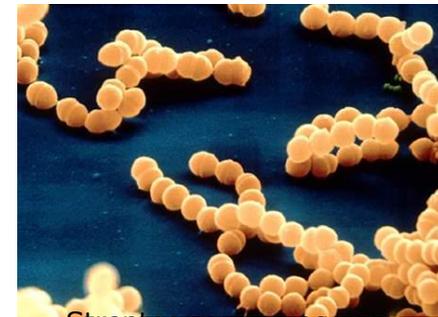


- В воздухе всегда содержится то или иное количество микроорганизмов. При помощи воздуха происходит их распространение.
- Количество микроорганизмов в 1 куб м воздуха разных мест может достигать следующих размеров:
 - в скотном дворе до 2 млн;
 - в жилых помещениях – 20 тыс;
 - на улицах городов - 5 тыс;
 - в парках - 200;
 - в морском воздухе - 1-2 .
- В воздухе находятся споры грибов, актиномицетов, бацилл, дрожжи, микрококки, сарцины, стафилококки др. как наиболее устойчивые к высыханию; пигментные виды, устойчивые к воздействию УФ излучения; туберкулезная палочка, возбудители гриппа, коклюша, ангины, кори, скарлатины.



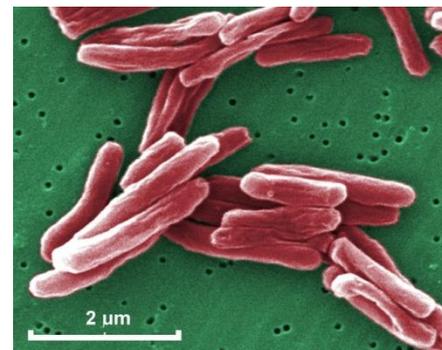
Staphylococcus aureus

© <http://www.healthgalleries.com/staphylococcus-aureus>



Streptococcus pyogenes

© <http://www.pharmaceutical-journal.com/learning/learning-article/scarlet-fever-acute-management-and-infection-control/20068230.article>



Mycobacterium tuberculosis

© <http://www.microbiologyinpictures.com/bacteria%20photos/mycobacterium%20tuberculosis%20photos/MYTU20.html>

Микроорганизмы атмосферного воздуха



- Воздух — среда, самая непригодная для размножения микроорганизмов, поскольку отсутствие питательных веществ и влаги, а также солнечные лучи обуславливают их быструю гибель.
- По этим же причинам видовой и численный состав микрофлоры атмосферного воздуха, сильно зависящий от микрофлоры почвы, воды, от времени года, климатических и метеорологических условий, малочислен, переменчив и динамичен.
- Наибольшее количество микробов содержит воздух промышленных городов. Воздух сельских мест гораздо чище.
- По данным микробиолога Е.Н. Мишустина, на высоте 0,5 км над Москвой микроорганизмов насчитывается 2500 КОЕ/см³, а на высоте 2 км — чуть больше 500. Микроорганизмы (в основном споры плесневых грибов и бацилл) обнаруживаются в стратосфере на высоте 33 км



© <https://pixabay.com/ru/> © <https://pixabay.com/ru/поле-цветочный-дикая-865307/>



©

<http://www.klass39.ru/internet-urok-po-okruzhayushhemu-miru-vozdux-svoystva-vozduxa/>

Микроорганизмы воздуха помещений



- Воздух закрытых помещений, в отличие от атмосферного, в качестве транзитной может содержать еще и микрофлору верхних дыхательных путей и кожи человека, многие представители которой способны переживать в воздухе в течение времени, достаточного для инфицирования людей.
- Кроме того, обсемененность воздуха закрытых помещений очень сильно зависит от их объема, частоты проветривания, качества уборки, степени освещенности и посещаемости и т.д.
- Здоровый человек при чихании выделяет в воздух 10 000-20 000 микробных тел, а больной или бактерионоситель – значительно больше. т.к. воздушно -капельным и воздушно-пылевым путем могут передаваться многие болезни (грипп, корь, дифтерия, коклюш, туберкулез и т.п.).



©

<http://www.fresher.ru/images7/gorodskaya-kvartira-v-stile-zagorodnogo-doma/big/1.jpg>



©

<http://www.etoday.ru/2011/06/kafe-mundvoll-produktovij-maga.php>

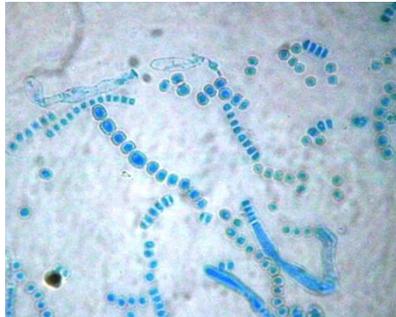
Микроорганизмы воздуха помещений

Некоторые типы грибов, способных вызывать ринит и/или астму, в воздухе помещений



Alternaria alternata

©<http://bugs.bio.usyd.edu.au/learning/resources/Mycology/Habitats/airFungi.shtml>



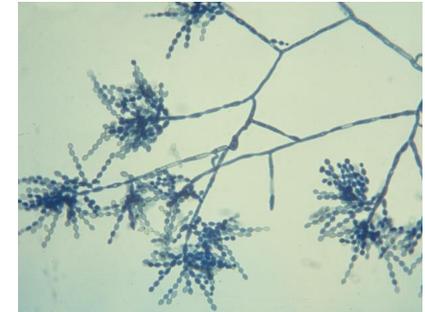
Wallemia sebi

©<http://show.wnmu.edu/microfungi/showGallery.php?div=Anamorphic&gen=Wallemia&spec=sebi&id=1605>



Aspergillus fumigatus

©http://bioweb.drexel.edu/bio203/s2008/miller_melo/



Cladosporium carrionii

©<http://www.microbiologybook.org/mycology/cladophialophora.jpg>



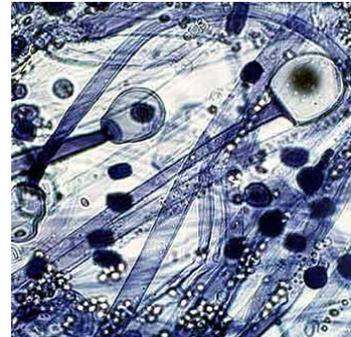
Eurotium cleistothecia

©<http://projectlifecompetition.org/resources/find-your-inspiration>



Fusarium oxysporum

©<http://www.mycology.adelaide.edu.au/images/foxy1.gif>



Mucor racemosus

©<http://sustainablemycology.blogspot.ru/2012/12/mucor-spp.html>



Penicillium digitatum

©<http://www.uoguelph.ca/~gbarron/MISCELLANEOUS/penicill.htm>

Микроорганизмы воздуха помещений



- 1) Количество микроорганизмов в закрытых помещениях зависит от их вноса из внешней среды. Это в основном кокковая микрофлора, плесневые и дрожжевые грибы.
- 2) Количество микроорганизмов находящихся в воздухе закрытых помещений почти не зависит от сезонов года.
- 3) Микроорганизмы быстрее размножаются в теплой и влажной среде на остатках пищевых продуктов, в затемненных местах помещений.
- 4) Во время уборки помещения с применением дезинфицирующих средств убивается огромное количество микроорганизмов.
- 5) В помещениях с большим количеством растений воздух остается более чистым и с меньшим количеством микроорганизмов. Растения, вырабатывающие биологически активные вещества - фитонциды, помогают в борьбе с болезнетворными микроорганизмами.

Микробный аэрозоль



Микроорганизмы находятся в воздухе в форме аэрозоля.

Микробный аэрозоль – это взвесь в воздухе живых или убитых микробных клеток, адсорбированных на пылевых частицах или заключенных в «капельные ядра».

Аэрозоль включает частицы размером от 0,001 до 100 мкм. Размер частиц определяет 2 важных параметра аэрозоля:

- 1) **скорость оседания** (седиментации) – для частиц размером от 10 до 100 мкм составляет 0,03 – 0,3 м/сек. Частицы с размером 5 мкм и менее формируют практически неседиментирующий аэрозоль постоянно взвешенных в воздухе частиц;
- 2) **проникающая способность частиц** – наиболее опасны частицы с размером от 0,05 до 5 мкм, так как они не задерживаются бронхиолах и альвеолах.
- Контаминация воздуха патогенными микроорганизмами в виде аэрозоля происходит капельным путем при кашле и чихании.
- Обеззараживание воздуха проводят: газами (фенол, $C_5H_6O_3$); аэрозольно (формалин с креолином); УФЛ; удалением воздуха (вентиляция); применением аэроионизаторов.

Санитарно-микробиологический анализ воздуха



- Воздушная среда, как объект санитарно-микробиологического исследования имеет целый ряд специфических особенностей:
 - 1) отсутствие питательных веществ и, как следствие, невозможность размножения микроорганизмов;
 - 2) кратковременное нахождение микроорганизмов в воздушной фазе и их самопроизвольная седиментация;
 - 3) невысокие концентрации микроорганизмов в воздухе (по сравнению с другими объектами внешней среды);
 - 4) относительно небольшое число видов микроорганизмов, обнаруживаемых в воздухе.

Санитарно-микробиологический анализ воздуха



- **Объектами** санитарно-бактериологического исследования являются: воздух лечебно-профилактических и детских учреждений, мест массового скопления людей.
- Исследование воздуха включает определение **общего числа** сапрофитных бактерий, стафилококков, стрептококков, которые являются показателями биологической контаминации воздуха микрофлорой носоглотки человека.
- При исследовании воздуха родильных домов, хирургических клиник определяют **условно-патогенные микроорганизмы**, вызывающие внутрибольничные инфекции.
- **Методы** отбора проб воздуха можно разделить на седиментационные и аспирационные.
- **В закрытых помещениях** одна проба на каждые 20 м² по принципу конверта (h=1,6-1,8 м) на расстоянии 0,5 м от стен днём после влажной уборки и проветривания.
- **Атмосферный воздух** исследуют в жилой зоне (h=0,5-2 м) вблизи источников заражения, а также в зелёной зоне.

Санитарно-микробиологический анализ воздуха



- **Седиментационный метод** Коха (Koch, 1881 г). Основан на оседании бактериальных частиц и капель под влиянием силы тяжести на поверхности агара открытых чашек Петри. Их устанавливают в точках отбора на горизонтальной поверхности.
- Исходят из того, что за 5 мин на поверхность 100см² плотной среды оседают бактерии из 10 литров воздуха (Омелянский В.Л.).

Седиментационный метод является сугубо ориентировочным, и количество микроорганизмов посчитанное по формуле как правило, в три раза меньше цифр, полученных при использовании аспирационного метода. Поэтому, при оценке воздуха этим методом, основное значение имеют не сами показатели КОЕ, а их динамические изменения в процессе наблюдения.

Санитарно-микробиологический анализ воздуха



Аспирационный метод . Основан на принудительном оседании микроорганизмов на поверхность плотной питательной среды или в улавливающую жидкость. Для этой цели используются аппарат Кротова, прибор ПОВ-1 и др.

Для определения общего числа бактерий забирают две пробы по 100 л каждая. Посевы инкубируют в термостате 24 ч, а затем оставляют на 48 ч при комнатной температуре. Подсчитывают количество колоний на чашках, вычисляют среднее арифметическое и делают перерасчет на количество микроорганизмов в 1 м^3 воздуха.

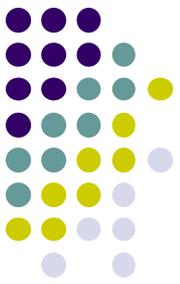


Рис.6.Аппарат Кротова для взятия проб
воздуха



Рис.7.Устройство автоматического
отбора проб воздуха – ПУ-15

Определение сапрофитных МО



- **Общая бактериальная обсеменённость воздуха** – это количество МО в 1 м³.
- Для определения забирают 2 пробы: аспирационным методом в V=100 л и седиментационным с учётом, что на чашку площадью 100 см² за 5 минут оседает количество МО из 10 л. $X = A \times 100 \times 100 / 75$, где X - количество микробов в 1 м³; A - количество колоний на агаре в чашке Петри.
 - чашки Петри с МПА оставляют открытыми на 5-10-15 мин в зависимости от предполагаемого бактериального загрязнения.
- **Определение стафилококков** – в V=250 л на молочно-желточно-солевой и кровяной агар, при инкубации 2 суток при 37 градусах, изучая культуральные признаки всех колоний.
- **Определение стрептококков** в V=200-250 л на кровяной агар, среды Гарро и Туржецкого при инкубации 18-2 часа при 37 градусах и ещё 2 суток при комнатной температуре.
 - экспозиция чашек с селективными средами увеличивается до 30-60 мин.
- Инкубацию посевов проводят при 37 ° 24 ч, затем чашки Петри оставляют при комнатной температуре на 48 ч для образования пигмента пигментообразующими бактериями.

Критерии оценки воздуха жилых помещений



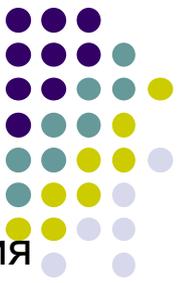
Оценка воздуха	Общее количество бактерий в 1 м ³	Количество стрептококков
Лето чистый загрязненный	до 1500 до 2500	до 16 до 36
Зима чистый загрязненный	до 4500 до 7000	до 36 до 124



Критерии оценки воздуха лечебно-профилактических учреждений

Наименование объекта	Условия работы	Допустимые показатели в 1 м ³		
		микр. число	патогенных стафилококков не должно быть	стрептококков
Операционная	до операции после операции	до 500 до 1000		не должно быть не должно быть
Послеоперационные палаты	-	до 750	не должно быть	не должно быть
Отделение реанимации	-	до 750	не должно быть	не должно быть
Родильные залы	при поступлении рожениц, приеме родов	до 1500	не должно быть	не должно быть
Послеродовые палаты	-	до 2000	до 16 суммарно	
Палаты новорожденных	-	до 1500	до 12 суммарно	
Перевязочные	до начала работ	до 750	не должно быть	не должно быть
Послеоперационные палаты	летом зимой	до 3500 до 5000	до 24 до 52	до 16 до 36

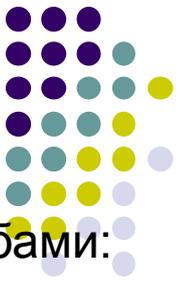
Очистка загрязнённого воздуха



- Длительное время едва ли не единственным решением проблем загрязнения воздуха была способность атмосферы к самоочищению. Механические частицы и газы рассеивались воздушными потоками, осаждались или выпадали на землю с дождем и снегом, а также нейтрализовались, вступая в реакцию с природными соединениями.
- Однако способность окружающей среды к самоочищению небеспредельная: объемы и скорости современных промышленных, бытовых и транспортных выбросов в крупных городах и промышленных центрах нередко превосходят природные возможности к их утилизации и обезвреживанию.
- В Российской Федерации качество атмосферного воздуха контролируется законодательными и нормативными актами. В частности гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест в целом регламентируются СанПиН 2.1.6.1032-01, а предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе – ГН 2.1.6.1338-03.



Очистка загрязнённого воздуха



- Газовые выбросы очищаются различными физико-химическими способами: конденсация, фильтрация, адсорбция, сжигание.
- **Биологические методы** основаны на способности микроорганизмов разрушать и перерабатывать различные соединения:
 - Аэробные карбоксибактерии разрушают моноокись углерода
 - Представители рода *Nocardia* - стерины и ксилол
 - *Hyphomicrobium* – дихлорэтан
 - *Xanthobacterium* – этан и дихлорэтан
 - *Mycobacterium* – винилхлорид
- Микроорганизмы используются в таких вариантах сооружений как биофильтры и биоскрубберы (биопромыватели).
 - В **биофильтрах** микробные популяции растут на твёрдых частицах (торф, компост, кора, почва), образуя многослойную биоплёнку.
 - В **биоскрубберах** навстречу загрязнённому воздуху подаётся тонко распыляемая микробная суспензия, которая вымывает водорастворимые органические соединения.
- Эти методы более всего применимы для очистки газов **постоянного** состава. При изменении состава газа микроорганизмы не успевают приспособиться и эффективность очистки падает.

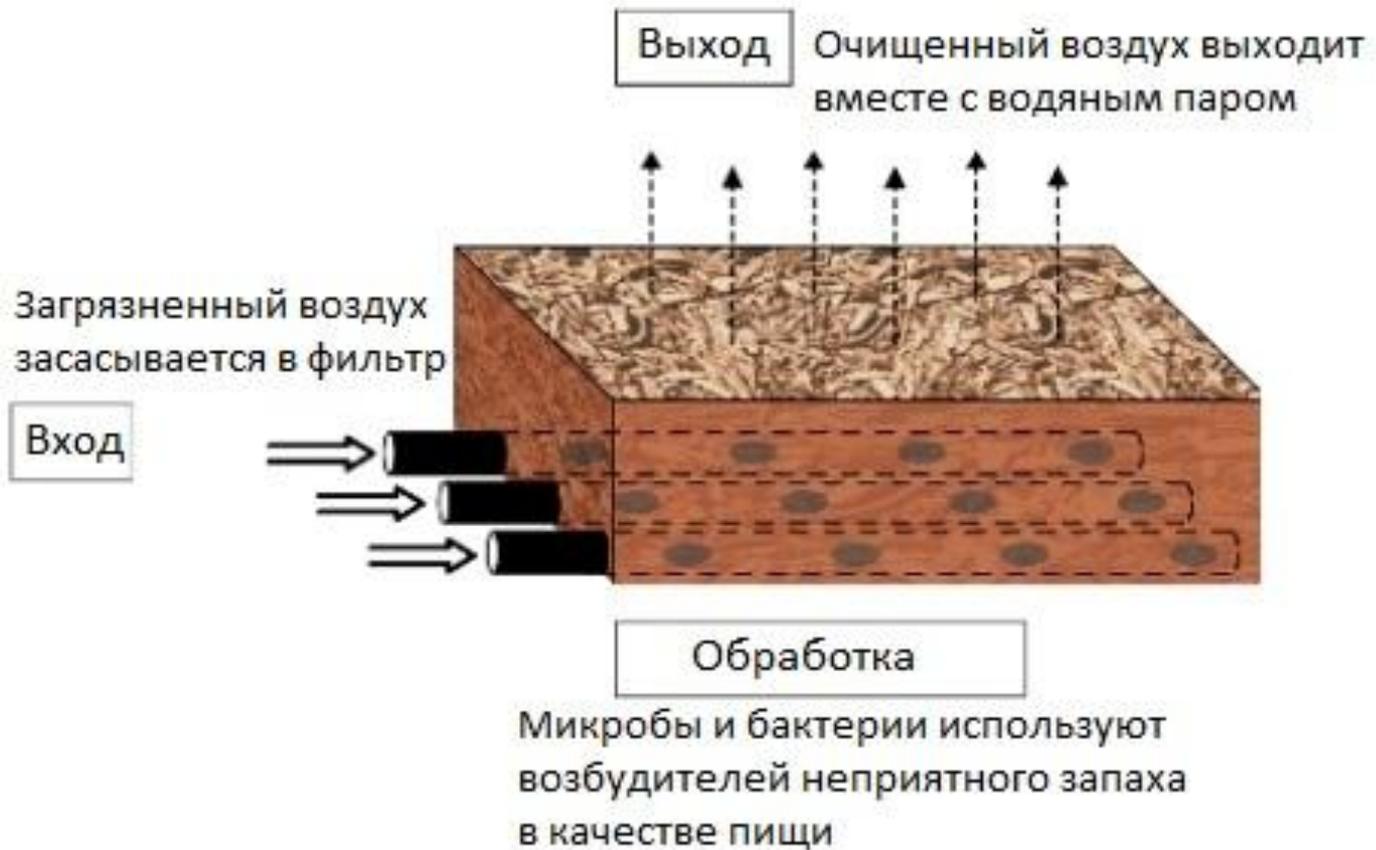
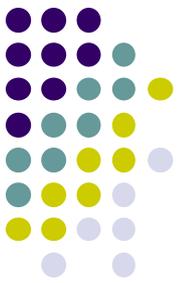
Биофилтрация



- **Биофилтрация** - микробиологические методы очистки воздуха от вредных примесей бытового и промышленного происхождения. Данные методы основаны на естественной способности микроорганизмов, образующих биологически активную **пленку на поверхности твердого пористого носителя**, извлекать из проходящего сквозь этот носитель воздуха примеси органических и неорганических летучих веществ, включая органические вещества искусственного происхождения (ксенобиотики), окислять и **разлагать их до воды и углекислого газа**.
- Эта реакция может протекать только тогда, когда **вредные вещества из газообразного состояния переходят в жидкое**, так как вода составляет жизненное пространство микроорганизмов. Именно поэтому переход вредных веществ в жидкое состояние является важнейшим фактором всех биологических методов.
- При этом всегда речь идет о **смеси из различных гетеротрофных видов**, которые используют вредные вещества в воздухе как источник углерода и энергии.
- **Степень очистки до 90%**



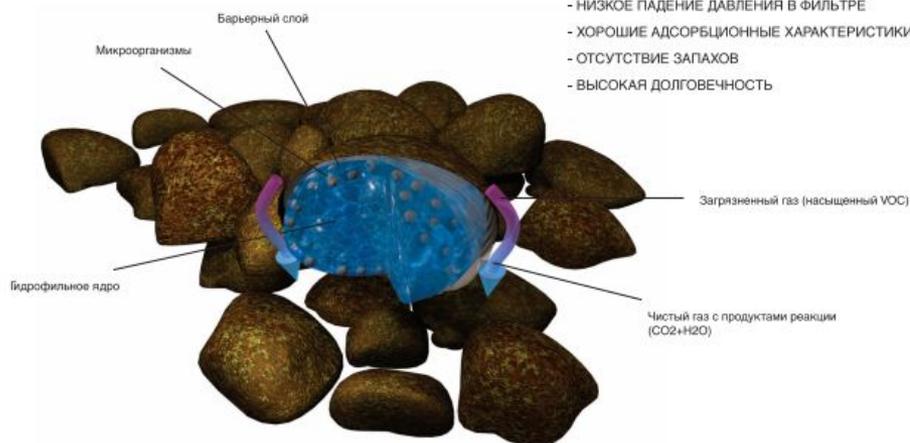
Принцип действия биофильтра



Принцип действия биофилтра



- ВЫСОКАЯ ПЛОТНОСТЬ КОЛОНИЙ
- ХОРОШЕЕ УВЛАЖНЕНИЕ
- ИСКЛЮЧЕНИЕ ПРОСЕДАНИЯ ИЛИ СЖАТИЯ
- ХОРОШИЙ ПРИТОК ПИТАТЕЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ
- НИЗКОЕ ПАДЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ В ФИЛЬТРЕ
- ХОРОШИЕ АДОРБЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
- ОТСУТСТВИЕ ЗАПАХОВ
- ВЫСОКАЯ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ



Описание технологии



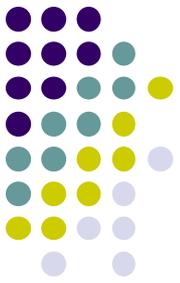
- Загрязненный воздух проходит через ярусы биомассы установки. Разложение веществ происходит под действием ферментов, вырабатываемых микроорганизмами.
- Вытяжной вентилятор создает в системе воздуховодов установки разрежение, необходимое для преодоления аэродинамического сопротивления биофильтра, и обеспечивает необходимый расход воздуха через установку.
- Выбросы загрязненного воздуха через патрубок попадают в рабочую зону биофильтра и увлажняются посредством контакта с разбрызгиваемым в объеме рабочей зоны и стекающим по отбойному листу питательным раствором.
- Поток воздуха проходит последовательно ярусы носителей бактерий, орошаемых питательным раствором из форсунок. На поверхности носителя происходит биодеструкция органических веществ.
- Из рабочей зоны очищенный воздух через каплеуловитель поступает в выходной патрубок, который присоединяется к воздуховоду выброса очищенного воздуха в атмосферу.

Виды и способы эксплуатации биофильтров



- Существуют различные виды биофильтров в зависимости от способа их эксплуатации и области применения:
- плоский рукавный,
- контейнерного типа,
- для колодцев,
- этажный,
- сотовый,
- башенный.
- В некоторых случаях перед биофильтром расположена воздухопромывная камера, в которой газ приобретает относительную влажность равную почти 100%.
- Чтобы гарантировать высокую микробную активность в фильтре, должны соблюдаться оптимальные условия для жизни микроорганизмов: уровень pH, влажность, температура и регулярное поступление питательного вещества.

Фильтрующий материал



- К фильтрующему материалу также предъявляются определенные **требования**:
 - должен обладать большой поверхностью
 - хорошо сохранять влажность
 - допускает лишь незначительное падение давления при прохождении газа,
 - самостоятельно регулирует колебания величины pH,
 - обеспечивает равномерное прохождение через фильтрующий слой,
 - имеет незначительную скорость перегнивания.
- Кроме того, микроорганизмы должны снабжаться неорганическими питательными веществами и микроэлементами. Следующие **материалы** могут использоваться в качестве фильтрующего слоя:
 - Компост из древесины или мусора
 - Вереск, хворост или волокна кокосовой пальмы
 - Продукты торфа
 - Бумажный гранулят
 - Дополнительно для разрыхления добавляют инертные материалы, такие как керамзит, стиропор или пенопласт. При этом фильтрующий слой является не только носителем для микроорганизмов, но и поставщиком питательных веществ.

Области применения биофильтров



- Станции по очистке сточных вод
- Полигоны ТБО, заводы по переработки мусора
- Предприятия по покраске поверхностей с использованием растворителей (металл, дерево, пластмассы)
- Переработка продуктов питания, грибные фермы, коптильни
- Маслобойные предприятия и компании солодоращения
- Сельскохозяйственные установки
- Биогазовые установки, переработка газа из органических отходов
- Скотоводческие фермы
- Заводы по производству комбикормов
- Скотобойни
- Установки для сушки шлама
- Промышленные производственные комплексы

Биофильтры для канализационных колодцев



- Предназначен для эффективного устранения неприятных запахов из коммунальной или промышленной канализации.
- Конструкция из материала нержавеющей стали обеспечивает прочность устройства (~ 7 лет)

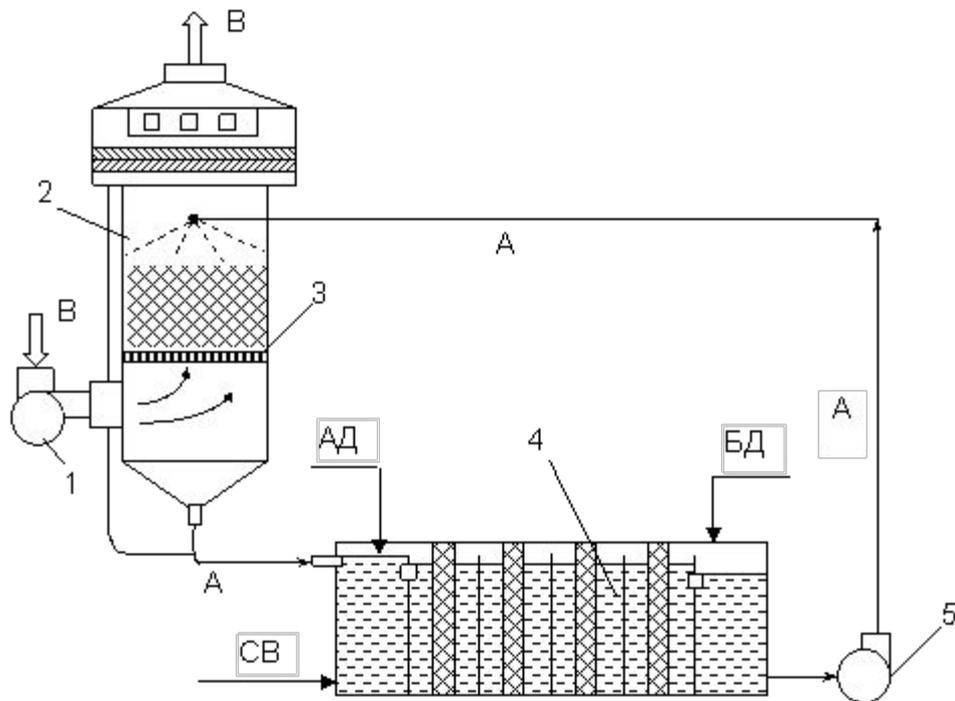


Биоскрубберы



- **Биоскрубберы** - это абсорбционные аппараты, в которых **орошающей жидкостью служит водная суспензия активного ила с микроорганизмами.**
- Обычно очищаемый газ подается в скруббер снизу и проходит через насадку в противотоке к орошающему абсорбенту. Процессы разложения уловленных примесей протекают в реакторе-аэраторе. Для поддержания жизнедеятельности микроорганизмов в систему непрерывно вводят необходимые питательные вещества. Биоскрубберы находят применение для очистки отходящих газов литейных производств, содержащих фенол, формальдегид, аммиак, синильную кислоту и продукты крекинга, а также для очистки газов окрасочных цехов от бутилацетата, ксилола, спиртов.
- Биоскрубберы отличаются от биофильтров тем, что представляют собой систему из двух аппаратов: первый - скруббер (абсорбционную колонну), где загрязняющие вещества абсорбируются в водной фазе и второй – биореактор, обычно блок очистки с активным илом, где соединения деградируют.
- **Степень очистки** достигает 75-98 %.

Биоскрубберы



Биоскруббер

1 – вентилятор; 2 – абсорбер (скруббер); 3 – массообменная решетка; 4 – биореактор; 5 – насос; А – абсорбент; В – вентиляционный воздух; АД – абсорбционные добавки; БД – биогенные добавки; СВ – сжатый воздух.



Преимущества и недостатки биологических методов очистки воздуха



Недостатки технологии:

1. Низкая скорость очистки;
2. Высокая селективность штаммов микроорганизмов к веществам;
3. Затраты на поддержание температурного режима;
4. Затраты на «подкормку» бактерий;
5. Контроль за составом загрязнений (частая смена состава и концентрации загрязнений дает низкий показатель по очистке, так как микроорганизмы не успевают адаптироваться к новым условиям)
6. Затраты на воду для орошения и поддержания влажной среды;
7. Огромные габариты оборудования.

Достоинства технологии:

1. Экологичность;
2. Безотходность при условии правильного содержания бактерий;
3. Возможность очистки при концентрации до 7000 мг/м³;
4. Высокая эффективность газоочистки при соблюдении специальных условий