**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ**

Факультет Биологии и биотехнологии

«8D05112» – Экологическая биоинженерия

102087 Технологическая биоэнергетика и биологическая переработка отходов

Преподаватель – Садвакасова А. К.

**Лекция 8**

**Образование отходов и глобальные экологические проблемы, возникающие из-за их влияния.**

Отходы — вещества или предметы, которые образованы в процессе производства, выполнения работ, оказания услуг или в процессе потребления, которые перерабатываются, утилизируются или захораниваются. В зависимости от объекта, создающего утильсырье, существуют категории отходов, по которым их классифицируют:

* Бытовые отработки
* Промышленные
* Использованные сельскохозяйственные материалы

Классификация отходов по агрегатному состоянию:

* Твердые
* Жидкие
* Газообразные

В зависимости от происхождения отработанного сырья принято выделять группы отходов:

* Органическое сырье, природного происхождения (мусор животного или растительного происхождения)
* Химическое сырье
* Минеральное сырье
* Коммунальное сырье

Классы отходов:

1. Чрезвычайно опасные материалы. Оказывается критический безвозвратный ущерб экологии.
2. Высоко опасное сырье. Ущерб экологии на уровне критического, период восстановления не менее 30 лет, если источник воздействия устранен.
3. Умеренно опасное сырье. Уровень негативного воздействия считается средним, экологическая среда нарушается и требует около 10 лет для восстановления.
4. Мало опасные. Уровень негативного воздействия низок, но экология нарушается и нуждается в восстановлении сроком минимум в 3 года.
5. Практически неопасное. Уровень их негативного воздействия незначителен. Под их влиянием экологическая система практически не нарушается.

Отходы – это одна из основных современных экологических проблем, которая несет в себе потенциальную опасность для здоровья людей, а также опасность для окружающей природной среды. Во многих странах до сих пор существует проблема недопонимания всей серьезности проблемы твердых бытовых отходов, в связи с чем, нет строго регламента, а также необходимых нормативно-правовых актов, регулирующих вопросы, связанные с отходами и мусором.

Серьезность проблемы отходов раньше не была столь заметна. Природа до определенного времени справлялась с переработкой отходов сама, но технический прогресс человечества сыграл важную роль в этом моменте. Появились новые материалы, разложение или переработка, которых естественным путем может длиться не одну сотню лет, а такие антропогенные нагрузки природе уже не под силу. Да, и немало важный фактор – это современный объем, производимых отходов. Он просто огромен. Но сегодня отходы и мусор можно рассматривать, как сырье. Их можно перерабатывать и повторно использовать. На каждого городского жителя, примерно, приходится от 500 до 800 кг отходов за год. В некоторых странах до 1000 кг. И это число все время растет.

Современные мусоросжигающие и мусороперерабатывающие заводы со всем своим арсеналом – это своего рода целая индустрия переработки и утилизации твердых бытовых отходов городского населения.

Твердые бытовые отходы являются источником экологической опасности – приводят к вредному воздействию на литосферу, атмосферу, биосферу, здания, конструкции и материалы. Серьезную опасность представляет поступление в окружающую среду химических веществ, синтезированных человечеством и ранее не существующих в природе.

Сжигание на открытых свалках и захоронение – самые известные и доступные способы утилизации мусора. Но при сжигании мусора, в воздух, в огромном количестве выделяются вредные и ядовитые химические соединения. Открытые свалки, кроме того, что распространяют зловоние, кишат насекомыми и грызунами – источниками и переносчиками многих инфекционных заболеваний. Захоронение мусора, в особенности, если оно осуществляется бесконтрольно, что, к сожалению, не редкость, может привести к опасным последствиям: загрязнению грунтовых вод или неконтролируемым возгораниям, которые происходят, когда биогаз, образуемый вследствие разложения отходов без доступа воздуха, воспламеняется. Кроме того, метан, который составляет 70% биогаза, выделяемого гниющими отходами, при большой концентрации приводит к гибели растительности.

На мировом уровне были предприняты различные меры для сокращения образования отходов и борьбы с их воздействием на окружающую среду:

1. Парижское соглашение обязывает страны снижать выбросы парниковых газов, что помогает снизить загрязнение и воздействие на климат.

2. Многие страны поддерживают программы по устойчивому потреблению, способствуя переходу к более долговечным товарам, уменьшению использования одноразовых материалов и продвижению экологически ответственного потребительского поведения.

3. Существуют соглашения, способствующие обмену технологиями и знаниями в области переработки отходов, что может уменьшить объемы отходов, отправляемых на свалки.

4. Многие страны запретили или ограничили использование опасных химических веществ в производстве, чтобы уменьшить загрязнение воды и почвы.

5. Многие организации проводят кампании по повышению осведомленности о проблемах окружающей среды и популяризации методов устойчивого образа жизни.

6. Исследования и разработки в области экологически чистых технологий способствуют сокращению загрязнения и эффективному использованию ресурсов.

7. Мировые организации и правительства стремятся поддерживать методы устойчивого сельского хозяйства, чтобы снизить воздействие сельского сектора на окружающую среду.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | **Лекция 9**  **Способы переработки отходов и перспективы вторичного использования.**  Все виды отходов производства и потребления по возможности использования можно разделить, с одной стороны, на вторичные материальные ресурсы (BMP), которые уже перерабатываются или переработка которых планируется, и, с другой стороны, на отходы, которые на данном этапе развития экономики перерабатывать нецелесообразно и которые неизбежно образуют безвозвратные потери.  Способы переработки промышленных и бытовых отходов.  Первые работы по утилизации тепла, возникшего при сжигании мусора, были проведены в Англии, в городе Ольдгейме. К “мусоросжигательному заведению” была пристроена электростанция. Вся полученная энергия использовалась для обслуживания самого заведения. Внимание работам по гигиене городов уделяли многие видные ученые. Л. Пастер и Э. Кох помогли оценить опасность разложения отбросов. Д.И. Менделеев интересовался утилизацией промышленных отходов и написал статью “Отбросы” в энциклопедический словарь Брокгауза и Эфрона.  Технологии утилизации, которые мы используем сейчас, позволяют возвращать во вторичный оборот только до семи процентов бытовых отходов. Внедряя новые разработки, можно довести этот процент до 70! Сегодня всюду ищут, как пополнить наш бюджет, но никому в голову не приходит обратить внимание на отходы. Огневой способобезвреживания и переработки отходов является наиболее универсальным, надежным и эффективным по сравнению с другими. Во многих случаях он является единственно возможным способом обезвреживания промышленных и бытовых отходов. Способ применяется для утилизации отходов в любом физическом состоянии: жидких, твердых, газообразных и пастообразных. Наряду с сжиганием горючих отходов огневую обработку используют и для утилизации негорючих отходов.      Сжиганием называется контролируемый процесс окисления твердых, жидких или газообразных горючих отходов. Проблема охраны окружающей среды является комплексной проблемой и имеет глобальный характер. Дальнейшее развитие человечества невозможно без комплексного учета социальных, экологических, технических, экономических, правовых и международных аспектов проблемы применительно не только к конкретному производственному циклу, но и в масштабах регионов, стран и всего мира.  Продолжающиеся загрязнения природной среды твердыми, жидкими отходами производства и потребления, вызывающими деградацию окружающей среды, в последнее время остаются острейшей экологической проблемой, имеющей приоритетное социальное и экономическое значение. Несмотря на давность и большое количество исследований в области экологически чистого производства, проблема утилизации и переработки промышленных отходов остается актуальной до сих пор. Поэтому, появилась экономически, технологически и экологически обоснованная необходимость в разработке и внедрении всё новых прогрессивных и безопасных методов решения проблемы избавления биосферы от опасности ее загрязнения отходами производства и потребления. Для выбора более рационального пути решения проблемы необходим предварительный учет и оценка отходов.  Утилизируемые отходы перерабатываются на месте их образования или на других предприятиях, имеющих соответствующую технологию.  Некоторые неутилизируемые отходы в силу потери потребительских свойств в настоящее время не могут найти применения в современном производстве. Эти отходы захораниваются, если они не представляют опасности для окружающей среды.  В случае опасности с санитарно-гигиенической точки зрения отходы могут захораниваться только после предварительного обезвреживания.  Сбор и захоронение отходов на полигонах и свалках является наиболее используемым методом в наши дни, но, увы, не самым целесообразным в применении. Недостатки такого метода заключаются в том, что под захоронение используется большое количество земли.  Компостирование представляет собой переработку веществ, которые подвергаются легкому гниению, в органические удобрения. Недостаток данного метода – такое удобрение является сильно загрязненным, в том числе осколками стекла, а находящиеся в нем тяжелые металлы, при попадании в почву активно усваиваются растительностью, а в дальнейшем животными и человеком.  Вывоз отходов и утилизация путем термической переработки подразделяется на пиролиз и сжигание.   Пиролиз твердых бытовых отходов представляет собой процесс полукоксования, который осуществляется при полном отсутствии или дефицитном попадании воздуха. В этих условиях из отходов происходит выделение смеси газообразных веществ, которые обладают высокой теплотворной способностью, при этом в остатке скапливаются неорганические составляющие отхода, а также остаточный углерод. Утилизация твердых отходов на специально предназначенных заводах путем сжигания существует для сокращения объема, а также обеззараживания отходов. Применять такой способ можно для получения тепловой и электрической энергии.  Современные способы переработки промышленных и бытовых отходов:  1. Инновационные методы получения дизельного топлива и бензина из отходов пластмассовых изделий и материалов.  2. В Англии устанавливаются ящики для сбора старых, прочитанных газет, куда население бросает газеты, и они отправляются на переработку.  3. Самый необычный способ утилизации мусора – искусственный остров Семакау в Сингапуре (рис. 13). Он полностью построен из мусора. Его строительство началось в апреле 1999 года. На сегодня площадь острова составляет 350 га и продолжает расти: мусор здесь будут насыпать вплоть до 2035 года. Сам «мусорный остров» засажен деревьями. На острове построена широкая пристань. С неё мусор везут ссыпать в закрытую морскую зону, которая огорожена специальной плотиной для того, чтобы отходы не разносило по морю. Сегодня на Семакау действует служба мониторинга окружающей среды, которая постоянно проверяет качество воды в акватории вокруг острова. Местная экологическая обстановка внушает доверие. Вблизи острова можно купаться и ловить рыбу.  4. Немецкие власти решили: утилизация мусора – дело каждого гражданина Германии. В результате они не только тщательно сортируют мусор, но и сдают для повторного использования упаковки от продуктов, помеченные эмблемой с “зеленой точкой”. Немецкие власти стимулируют производителей к созданию продуктов, которые “при переходе в мусор” доставляют потребителям минимум хлопот. В 2005 г. передовой опыт был принят на вооружение во всех странах ЕС: на производителей и импортеров возложена ответственность за переработку мусора.  Вторичное использование отходов может создавать рабочие места, способствовать экономическому росту и уменьшать затраты на утилизацию отходов. Многие отходы могут быть обработаны и проданы как сырье для производства новых товаров. Вторичная переработка позволяет уменьшить объемы отходов, отправляемых на свалки или сжигаемых, что в свою очередь снижает выбросы парниковых газов и загрязнение окружающей среды. Переработка сырья из отходов позволяет сократить потребление природных ресурсов, таких как древесина, металлы и нефть.  Многие отходы могут быть использованы для создания новых продуктов, таких как мебель из переработанной древесины, одежда из переработанных текстильных материалов и другие товары. Вторичное использование отходов способствует переходу к более устойчивой модели потребления и производства, что важно для борьбы с изменением климата и сохранения биоразнообразия. Разработка новых методов и технологий вторичной переработки отходов стимулирует инновации и создает возможности для развития более эффективных и экологически чистых процессов. Во многих странах введены законы и стандарты, поощряющие или обязывающие вторичное использование отходов, что способствует его развитию. |  |

**Лекция 10**

**Технология переработки отходов сельскохозяйственного производства с помощью микроорганизмов.**

Отходы сельского хозяйства оказывают значительное воздействие на природную среду. Загрязнение окружающей среды птицеводческими и животноводческими предприятиями чаще всего происходит из-за несовершенства применяемых технологий и технических средств, несоблюдения установленных экологических требований.

Принципы бережливого и экологичного производства базируются на современных технологиях. Они позволяют утилизировать, перерабатывать отходы сельского сектора. Существуют современные способы утилизации разных видов отходов сельскохозяйственного производства, которые признаны экологически безопасными.

Компостирование - экзотермический процесс биологического окисления, в котором органический субстрат подвергается аэробной биодеградации смешанной популяцией микроорганизмов в условиях повышенной температуры и влажности. В процессе биодеградации под действием естественной микрофлоры - мезофильных и термофильных бактерий - окисляется до 60 % органического вещества, оставшийся органический субстрат претерпевает физические и химические превращения, сопровождающиеся образованием гумифицированного конечного продукта. В ходе компостирования перерабатываемый материал разогревается до температуры 60 - 80 °С, при которой погибают личинки и куколки насекомых, нематоды, яйца гельминтов и болезнетворные неспорообразующие микроорганизмы, семена сорных растений. Полученный компост представляет собой сыпучий материал меньшего объема, чем исходный, влажностью 40 - 50%, стабилизированный по биологическим показателям и претерпевающий лишь медленное разложение. С помощью компостирования различные малотоксичные, но загрязняющие окружающую среду органические отходы перерабатываются в более стабильные и/или менее токсичные материалы, лишенные неприятного запаха. Как способ переработки вредных отходов и уменьшения содержания загрязнений компостирование в настоящее время применяют для утилизации и обеззараживания активного ила и осадков очистных сооружений, навоза, помета, переработки твердых бытовых отходов после их предварительной сортировки, для очистки почв и других материалов, загрязненных нефтью, пестицидами, полициклическими (ПАУ), араматическими углеводородами полихлорированными бифенилами (ПХБ) и другими органическими поллютантами. Компостированием получают ценные для сельского хозяйства органические удобрения и средства, улучшающие структуру почвы. Компосты могут использоваться для выращивания грибов, в качестве основного удобрения на огородах, садовых участках и т. д. Компостирование экономичный и рентабельный способ получения энергии из сельскохозяйственных отходов. Тепло, выделяемое при компостировании, можно утилизировать для нагрева воздуха и воды до 50 - 55 °С и отопления парников.

**Лекция 11**

**Промышленные отходы и методы их переработки.**

В зависимости от степени возвратности промышленные отходы относят к одной из следующих категорий:

1. Возвратные. Обычно имеют невысокое качество. Их чаще используют в качестве расходных материалов.
2. Вторичное сырье. К этой группе относятся, например, отходы швейных фабрик. Их можно использовать в качестве ветоши для протирки станков.
3. Безвозвратные. В данном случае переработка невозможна. Утиль захоранивают на полигонах с соблюдением мер безопасности.

Следующий способ классификации — по агрегатному состоянию. Здесь групп относительно немного. Выделяют отходы:

* твердые;
* жидкие;
* газообразные;
* смешанные.

Переработка промышленных отходов – актуальная проблема современного мира. Большое количество вредных веществ вырабатывается в результате промышленной деятельности предприятий и заводов. Доля опасных отработок составляет примерно 15 % от общего числа отходов производства. Но их вредные свойства даже при малом количестве могут нанести серьезный вред здоровью людей и экологии в целом.

Часть промышленного мусора можно использовать как то вторичное сырье. Переработка вторсырья считается самым рациональным и перспективным  методом утилизации отходов, так как снижает уровень вредного воздействия на окружающую среду, сокращает расходы на складирование и хранение мусора, дает возможность для дополнительной прибыли за счет создания новой продукции из вторсырья. Пока единого универсального способа перерабатывания отходов производств нет. Разные категории требуют разного подхода, поэтому практикуется несколько методов.

1. Механические методы

Подразумевают разделение мусора на компоненты. Для этого используют измельчение, когда крупные куски перерабатываемого материалы дробят, трут, раскалывают или раздавливают до однородной массы, или сепарацию, когда из общего потока отделяют определенные фракции, например, цветной металл. Обычно механические методы переработки применяют на металлургических предприятиях и деревообрабатывающих производствах.

2. Термические методы

Промышленный мусор при термическом воздействии превращается в газ, который потом используется в качестве топлива. К таким методам относят газификацию и пиролиз. При газификации под действием высоких температур органические вещества в отходах превращается в газ. После этот газ очищается и в дальнейшем используется для производства тепловой и электроэнергии.

Пиролиз — это «сжигание» мусора без огня. В специальной установке отходы нагреваются и расщепляются на вещества с более низкой молекулярной массой. В отличие от сжигания процесс разложения происходит без доступа воздуха.

Однако такие методы небезопасны и часто экономически невыгодны.

3. Гидродинамические методы

Такие методы используют для разделения смешанных отходов. Практикуется отстаивание под действием силы тяжести; разделение в центрифугах под действием центробежной силы, фильтрация под действием разности давлений и электрофильтрация под действием электрического поля.

Часто после гидродинамических методов полученные из смеси «полезные фракции» дополнительно отправляют на тепловую или химическую переработку.

4. Химические методы

К химическим методам прибегают для перевода материала из одного физического состояния в другое. Это может быть сделано путем растворения — когда твердые отходы растворяю, чтобы получить жидкость, которую можно использовать в дальнейшем; выщелачивания — когда из твердого материала извлекают один компонент, переводя его в жидкое состояние; кристаллизации — когда из раствора, сплава или пара выделяют нужные веществе в виде кристаллов.

5. Методы коагуляции и флокуляции

Для переработки промышленных стоков часто используют методы коагуляции и флокуляции. Коагуляция — это процесс укрупнения частиц в жидких отходах путем их сцепления. В результате образуется осадок, который можно отделить от воды. Флокуляция — процесс, который помогает объединить частицы, плавающие в воде, в рыхлые хлопьевидные агрегаты — флокулы. В таком виде частицы загрязнения всплывают или оседают быстрее и отделяются от воды значительно легче.

**Лекция 12**

**Технологии применения биотехнологических установок при переработке бытовых отходов.**

Твердые бытовые отходы (ТБО) делятся на отбросы (биологические ТО) и на бытовой мусор (небиологические ТО искусственного или естественного происхождения), а последний часто на бытовом уровне именуется просто мусором. Ежегодно количество мусора возрастает примерно на 3 % по объёму.

Таким образом, на биотехнологических производствах сейчас уже активно используются некоторые методы переработки отходов. На данный момент широкое распространение имеют следующие:

1. Компостирование. Компостирование подразумевает биологическое разложение органики в анаэробных или аэробных условиях. Органическая масса в отходах потребляется аэробными термофильными или мезофильными микроорганизмами и минерализуется до CO2, H2O, NH4. Результатом компостирования является получение богатого гумусом качественного субстрата, который может быть использован для обогащения почвы.

2.Вермикомпостирование. Вермикомпостирование подразумевает разложение органических отходов с использованием червей и микроорганизмов с получением вермикомпоста. За счет использования симбиоза червей с микроорганизмами, такой метод переработки обеспечивает более быстрое разложение. Черви увеличивают количество органического субстрата, который легче подвергается действию микроорганизмов. Черви значительно освобождают органический субстрат от тяжелых металлов, так как могут аккумулировать их в себе.

3.Переработка в корм для животных. Отходы биотехнологических производств часто используются для обогащения корма для животных. Например, треть мицелиальных отходов продуцентов антибиотиков используется для кормления крупного рогатого скота. Тем не менее остальная часть утилизируется не совсем экологично — популярными методами являются слив в сточные воды, сжигание или образование отвалов.

4.Переработка в биогаз. Данный процесс происходит с специальным резервуарах — метантенках с использованием активного ила. Для получения биогаза органическое сырье помещают в условия, благоприятные для развития нескольких видов бактерий, которые в процессе жизнедеятельности выделяют метан. Получение биогаза состоит из трех этапов, на каждом из которых используются разные виды микроорганизмов. Кислород для их жизнедеятельности не требуется, но имеет большое значение состав сырья и его консистенция, а также температура и внутреннее давление. Оптимальными считаются условия с температурой 40–60 °С при давлении до 0,05 атм. Загруженное сырье начинает вырабатывать газ после продолжительной активации, которая занимает от нескольких недель до полугода.

5. Производство этанола. Вторичные отходы производства — крахмал и глюкоза — могут быть переработаны в этанол методом гидролиза. Для этого используют спиртовое брожение, вызываемое ферментами. Важным является соблюдение анаэробных условий, так как при реакции с кислородом микроорганизмы, осуществляющие брожение, переключаются на другой тип метаболизма с изменением конечного продукта.

6. Сжигание. Сжигание — это процесс обработки отходов, в котором происходит утилизация органических материалов, содержащихся в мусоре. Минусами данного метода являются неизбежный выброс углекислого газа, попадание в окружающую среду токсичных элементов (сера, азот, диоксины, фураны), а также проблемы с захоронением оставшихся после сжигания отходов.

**Лекция 13**

**Аэробные и анаэробные процессы очистки сточных вод, их характеристика.**

Очистка сточных вод – это совокупность действий, направленных на удаление вредных примесей и веществ из стоков, нарушающих и загрязняющих экосистему, в результате которых происходит устранение или разрушение вредных веществ.

В биологической очистке сточных вод используются природные микроорганизмы, которые питаются сложными органическими веществами, превращая их в более простые вещества. Этот метод очистки делится на две широкие категории:

* анаэробное
* аэробное

*Аэробная переработка стоков* – это самая обширная область контролируемого использования микроорганизмов в биотехнологии. Отличительной особенностью аэробной биологической системы является свободный доступ воздуха к аэробным микроорганизмам, участвующим в превращении различных веществ, содержащихся в отходах, в относительно стабильные продукты. Аэробная переработка отходов включает следующие стадии:

1. Адсорбция субстрата на клеточной поверхности;

2. Расщепление адсорбированного субстрата внеклеточными ферментами;

3. Поглощение растворенных веществ клетками;

4. Рост клеток;

5. Высвобождение экскретируемых продуктов;

6. «выедание» первичной популяции организмов вторичными потребителями.

В идеале это должно приводить к полной минерализации отходов до простых солей, газов и воды. Эффективность переработки пропорциональна количеству биомассы и времени контактирования ее с отходами.

Системы аэробной переработки можно разделить на системы с биофильтрами и системы с использованием активного ила.

Все возрастающая стоимость переработки отходов с помощью аэробного разложения и энергетический кризис, с одной стороны, и новые достижения микробиологии и технологии – с другой, возродили интерес *к анаэробной переработке*. При переработке органических отходов в анаэробных условиях образуется горючий газ и твердый остаток, содержащий азот и другие питательные вещества, содержащиеся в исходном растительном материале. В природе такой процесс развивается при недостатке кислорода в местах скопления веществ растительного или животного происхождения. Он может протекать и в закрытой емкости, наполненной подходящим органическим веществом, куда не поступает воздух. Метанообразующие бактерии и некоторые другие микроорганизмы, продуцирующие нужные этим бактериям субстраты, формируют в таких условиях систему прочных симбиотических отношений, которая может функционировать неопределенно долгое время, если в нее в подходящем количестве поступают все новые порции отходов. Самая распространенная технология анаэробной переработки – разложение ила сточных вод. Эта хорошо разработанная технология с успехом используется с 1901 г. Однако здесь существует ряд проблем, обусловленных малой скоростью роста облигатных анаэробных метанообразующих бактерий, которые используются в данной системе, чувствительностью к различным воздействиям и неприспособленностью к изменениям нагрузки. Конверсия субстрата также происходит довольно медленно и поэтому обходится дорого. Тем не менее, анаэробная ферментация отходов очень перспективна для экономичного получения газообразного топлива при умеренных температурах (30-35 0С).

Анаэробные ферментеры могут применяться также в целях получения промежуточных продуктов для химической промышленности (например, уксусной, молочной и акриловой кислот в качестве химического сырья, идущего на переработку).

**Лекция 14**

**Реакторы, используемые для аэробной очистки сточных вод. Модели работы гомогенных реакторов.**

С точки зрения экологической биотехнологии наиболее важны аэробные процессы, используемые для очистки и стабилизации сточных вод. Для этой цели существует много различных конструкций реакторов, но в общем они разделяются на два основных типа: гомогенные реакторы и реакторы, в которых неподвижная биопленка нанесена на инертный субстрат (биофильтры). Некоторые из этих реакторов могут быть взаимозаменяемы, в то время как другие пригодны только в специальных случаях. Однако все эти различные реакторы должны работать в условиях, когда гидравлическая нагрузка и нагрузка по субстрату непрерывно меняются как в течение суток, так и изо дня в день.

*Гомогенные реакторы*. Процесс очистки сточных вод активным илом представляет собой наиболее обычный вариант процессов такого типа. В случае бытовых сточных вод исходное сырье, как правило, представляет собой стоки, отфильтрованные от крупных частиц и песка и подвергнутые отстаиванию, при котором удаляется около 60 % взвешенных частиц (вместе с ~30 % органического вещества).

Собственно процесс очистки состоит из двух стадий:

* взаимодействия отстоявшихся стоков с воздухом и частицами активного ила в аэротенке в течение определенного времени, которое может колебаться от 4 до 24 ч и более в зависимости от вида сточных вод, требуемой глубины
* очистки и типа процесса, и отделения очищенной жидкости от частиц активного ила в отстойнике. Из отстойника удаляют большую часть свободной от твердых частиц надиловой жидкости, а активный ил возвращают в аэротенк.

Таким образом, весь процесс может быть представлен как непрерывная ферментация с подачей твердого сырья. Частицы активного ила, часто обозначаемые как взвешенные частицы иловой смеси (ВЧИС), представляют собой флокулированную смесь бактерий и простейших.

В зависимости от степени смешения поступающей сточной жидкости с жидкостью, находящейся в очистном сооружении, различают три основных типа аэротенков:

1) аэротенк, в котором поступающая сточная жидкость не смешивается с жидкостью, находящейся в нем;

2) аэротенк со ступенчатым впуском сточных вод, при котором поступающая жидкость смешивается с частью жидкости, находящейся в нем;

3) аэротенки-смесители, в которых поступающая сточная жидкость смешивается со всем объемом жидкости, находящейся в аэротенке.

Биологический фильтр (биофильтр) состоит из корпуса, загрузочного материала, а также из водораспределительного, дренажного и воздухораспределительного устройств. Сточная жидкость обтекает поверхность загрузочного материала, покрытого биологической пленкой (биопленкой), которую образуют колонии аэробных микроорганизмов. Проходя через загрузочный материал, загрязненная вода оставляет на нем примеси, не осевшие в первичных отстойниках, а также коллоидные и растворенные органические вещества. Последние сорбируются биопленкой, покрывающей поверхность загрузочного материала. Микроорганизмы, образующие биопленку, используют органические вещества как источник питания и энергии. Таким образом, из сточной воды удаляются органические вещества и в то же время увеличивается масса активной биопленки и тела биофильтра. Омертвевшая и отработавшая биопленки смывается протекающей сточной водой и выносится из тела биофильтра. Принципы классификации существующих видов биофильтров могут быть различными: по степени очистки, по способу подачи воздуха, по режиму работы (наличие или отсутствие рециркуляции), по технологической схеме (одно-, двух- или трехступенчатые) и т.д.

Новые типы биореакторов, позволяющие интенсифицировать процесс очистки: биореакторы с циклическим вводом энергии; биореакторы с псевдоожиженным слоем насадки; биореакторы с полупроницаемой или пористой перегородкой; биопленочные биореакторы и реакторы для иммобилизованных клеток; биореакторы с использованием повышенного парциального давления кислорода; биореакторы с электромагнитной или электрической обработкой среды; биореакторы с устройством для концентрирования и возврата микробных клеток.

**Лекция 15**

**Средства биологической очистки загрязненных отходами сред на основе аэробных микроорганизмов и их видов.**

При аэробной очистке сточных вод протекают два наиболее важных микробиологических процесса: окисление органического углерода и нитрификация при участии флокулообразующих, нитчатых бактерий, бактерийнитрификаторов.

Флокулообразующие бактерии, окисляющие органические соединения, относятся к родам: *Actinomyces, Aeromonas, Alcaligenes, Arthrobacter, Bacillus, Brevibacterium, Cellulomonas, Corynebacterium, Desulfotomaculum, Flavobacterium, Micrococcus, Муcobacterium, Nocardia, Pseudomonas, Rhodopseudomonas, Sarcina*и др.

Наиболее многочисленны бактерии р. *Pseudomonas*(до 80% от численности бактерий активного ила), способные окислять различные спирты, жирные кислоты, парафины, ароматические углеводороды, углеводы и другие классы соединений.

Основная роль в образовании полисахаридов в составе хлопьев активного ила и в формировании самой способности к хлопьеобразованию принадлежит покрытой капсулой грамотрицательной палочковидной бактерии *Zoogloea ramigera*, близкой к псевдомонадам. В средах, бедных питательными веществами, а также в сточной воде *Z. ramigera*образует аморфные массы полисахарида, в которых находятся колонии этой бактерии в виде разветвленного деревца. Бактерии *Z. ramigera*способны окислять различные органические вещества, однако основная их роль — образование полисахаридов. Клетки *Z. ramigera о*бнаруживаются также в сильно загрязненных пресноводных водоемах, где образуют взвешенные в воде хлопья или слизистые обрастания (зооглеи) на находящихся в воде предметах. Эти бактерии растут в широком диапазоне температур от 9 до 37 °C. Оптимальными являются температура 28 *°*C и pH 7,0. Бактерии не растут в анаэробных условиях, но хорошо переносят их в течение 24 ч.

Углеродокисляющие нитчатые бактерии представлены рр. *Sphaerotilus, Beggiatoa, Thiothrix, Nocardia (Gordonia), Microtrix*. Нитчатые бактерии, среди которых наиболее часто встречается *Sphaerotilus natans*, с одной стороны, выполняют положительную роль, окисляя многочисленные органические соединения и образуя каркас, вокруг которого формируются флокулы, с другой – они являются причиной плохого осаждения ила в отстойнике и образования устойчивой пены в аэротенке.

При очистке сточных вод, богатых углеводами, но с дефицитом азота, иногда наблюдается интенсивное развитие гетероферментативных молочнокислых бактерий р. *Leuconostoc*, образующих мощную капсулу, состоящую из декстрана, что затрудняет осаждение ила во вторичном отстойнике.

Очень важное значение имеет группа целлюлозоразлагающих бактерий рр. *Cellulomonas*и *Cellulovibrio*, всегда присутствующих в иле в значительном количестве. Эти микроорганизмы разлагают целлюлозное волокно, поступающее в аэротенк вместе со сточными водами. При суточной нагрузке 100–150 мг волокна на 1 г ила волокно успевает разрушиться целлюлозоразлагающими бактериями, и накопления его в активном иле не наблюдается. Наиболее интенсивно разрушение протекает при рН 7,5–8,0, снижение рН до 5,0 почти полностью приостанавливает деятельность бактерий-целлюлолитиков.

В бактериальном сообществе очистных сооружений выделяют бактериинитрификаторы (рр. *Nitrosomonas, Nitrobacter*и др.) в связи с их ролью в окислении аммонийных ионов и удалении минерального азота из сточных вод.

Всовременных технологиях биологического удаления фосфора большое значение имеют бактерии р. *Acinetobacter*.

При большом количестве серосодержащих органических веществ, например белков, и недостаточной аэрации в очистных сооружениях доминируют такие серобактерии, как *Thiothrix*и *Beggiatoa*.

При высоком содержании в воде соединений железа в активном иле развиваются бактерии р.*Ferrobacillus*и другие, окисляющие Fe2+.

В активном иле аэробных очистных сооружений встречаются дрожжи и мицелиальные (плесневые) грибы.

Дрожжи активно развиваются в сточных водах, богатых углеводами, углеводородами и органическими кислотами, например, при очистке сточных вод, образовавшихся в производстве кормовых дрожжей из разных субстратов, стоков молочных производств, содержащих молочную сыворотку. Среди дрожжей часто встречаются дрожжи рр. *Candida, Torulopsis, Trichosporon, Rhodotorula*.

Среди мицелиальных грибов встречаются рр. *Cladosporium, Fusarium, Geotrichum, Mucor, Trichoderma*. Они образуют разветвленные гифы, которые затрудняют образование плотных хлопьев и осаждение ила и могут приводить к его вспуханию. Особенно часто во вспухающем иле, наряду с нитчатыми бактериями *S. natans*, встречаются грибы из р. *Fusarium*. Для предотвращения опасности обильного развития грибов и вспухания ила биологическую очистку проводят при pH 6,8–7,2, благоприятном для развития флокулообразующих бактерий.

Простейшие составляют около 0,5–1% суспендированных частиц активного ила. Они принимают непосредственное участие в потреблении органических веществ, однако, занимая в сообществе активного ила более высокий уровень в трофической цепи питания, чем бактерии, простейшие поглощают большое их количество (от 20 000–40 000 бактерий за сутки), тем самым регулируют видовой и возрастной состав микроорганизмов, снижают массу биоценоза, обеспечивают активную флокуляцию микроорганизмов и, следовательно, улучшают очистку воды.

В биоценозах очистных сооружений встречаются несколько сотен видов представителей четырех групп простейших: 1) саркодовые (*Sarcodina*) – амебы (*Amoeba limax, Amoeba diploidea, Amoeba proteus*), раковинные корненожки (*Arcella, Centropyxis*), голые корненожки *Pelomyxa*и др.; 2) жгутиковые (*Mastigophora, Flagellata*) – бесцветные жгутиконосцы из родов *Bodo*, *Peranema*и др.; 3) реснитчатые инфузории (*Ciliata*) – свободноплавающие (*Colpidium, Stylonychia, Oxytricha, Paramecium caudatum –*инфузория туфелька), брюхоресничные инфузории (*Oxytricha, Stylonychia, Euplotes, Aspidisca*), одиночные прикрепленные (сувойки *Vorticella*), колониальные прикрепленные (*Opercularia, Carchesium, Epistylis*); 4) сосущие инфузории (*Suctoria*) – представители родов *Podophrya, Tokophrya, Acineta*.

Кроме простейших, в активном иле присутствуют более крупные, сложнее организованные представители микрофауны: коловратки *Rotatoria*(*Rotifera*) родов *Philodina*, *Cathypna*(*Lecane*), *Monostyla, Notommata*, круглые черви *Nematoda*, малощетинковые кольчатые черви р. *Aelosoma*. Размер их 0,04–2,5 мм.