

МИКРООРГАНИЗМЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ I

ЛЕКЦИЯ 13

МИКРОБИОЛОГИЯ В ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ ПОДРАЗУМЕВАЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА МИКРООРГАНИЗМОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОММЕРЧЕСКИХ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ

БИОТЕХНОЛОГИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ ИМЕЕТ СВОЕЙ ЦЕЛЬЮ
СОЗДАНИЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ВНЕДРЕНИЕ:

- НОВЫХ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ, БИОДОБАВОК И ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ДИЕТОЛОГИИ И МЕДИЦИНЕ;
- БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ, БИОУДОБРЕНИЙ И РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ;
- НОВЫХ РЕЗИСТЕНТНО УСТОЙЧИВЫХ И ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ШТАММОВ МИКРООРГАНИЗМОВ;
- НОВЫХ БИОИНЖЕНЕРНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРЕПАРАТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ИНДУСТРИИ;
- НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ И ПОЛУЧЕНИЯ ХОЗЯЙСТВЕННО ЦЕННЫХ ПРОДУКТОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ;
- ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА.



<https://www.vogelbusch-biocommodities.com/process-units-ru/fermentation-ru/technical-components-ru/pilot-fermentation-ru/>

МИКРООРГАНИЗМЫ КАК ГЕНЕРАТОРЫ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

МИКРООРГАНИЗМЫ КАК ГЕНЕРАТОРЫ
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

ПОЗВОЛЯЮТ:

- 1) СОЗДАВАТЬ ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫЕ И РЕЗИСТЕНТНОСТОЙКИЕ ГЕНОТИПЫ, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ;
- 2) ОСУЩЕСТВЛЯТЬ ПРОМЫШЛЕННОЕ ПРОИЗВОДСТВО БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ, ДИАГНОСТИКУ, ГЕННУЮ И КЛЕТОЧНУЮ ТЕРАПИЮ, ЗАЩИТУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.

КЛЮЧЕВЫЕ БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ:

- 1. БЫСТРАЯ СМЕНА ПОКОЛЕНИЙ. КЛЕТКИ МИКРООРГАНИЗМОВ РАСТУТ И ДЕЛЯТСЯ ОЧЕНЬ БЫСТРО. НОВУЮ ГЕНЕРАЦИЮ КЛЕТОК МОЖНО ПОЛУЧИТЬ В СРЕДНЕМ ЧЕРЕЗ КАЖДЫЕ 30 МИН У БАКТЕРИИ И 2-3 Ч – У ДРОЖЖЕЙ.
- 2. ВЫСОКАЯ ПРОДУКТИВНОСТЬ. МАССА ОДНОЙ БАКТЕРИИ РАВНА $0,2 \times 10^{-9}$ МГ, НО МАССА ОБРАЗОВАННОЙ ИЗ НЕЕ БИОМАССЫ ЧЕРЕЗ 16 Ч БУДЕТ РАВНА 1 МГ
- 3. ПРЕИМУЩЕСТВА В ПРОТЕКАНИИ ХИМИЧЕСКИХ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СПОСОБСТВУЕТ СОКРАЩЕНИЮ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИЙ. ПОД ДЕЙСТВИЕМ ФЕРМЕНТОВ РЕАКЦИИ ПРОТЕКАЮТ ПРИ СРАВНИТЕЛЬНО НИЗКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ (20-60°С).
- 4. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЕ ПРОИЗВОДСТВО, КОГДА ИЗ СУБСТРАТОВ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ПОЛУЧАЮТ СЛОЖНЫЕ ОРГАНИЧЕСКИЕ ВЕЩЕСТВА.
- 5. МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ, КОГДА ОСУЩЕСТВЛЯЮТСЯ САМЫЕ РАЗЛИЧНЫЕ ХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ В БИОТЕХНОЛОГИИ

ОСОБЕННОСТИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МИКРООРГАНИЗМОВ:

- БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС РЕАЛИЗОВЫВАЕТСЯ ПОЭТАПНО.
- ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГОТОВОЙ ПРОДУКЦИИ В ПОСТБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПЕРИОД ПРИМЕНЯЮТСЯ РАЗЛИЧНЫЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ.
- БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС СОПРОВОЖДАЕТСЯ ПРОИЗВОДСТВОМ ШИРОКОГО СПЕКТРА ПРОДУКТОВ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ОРГАНОЛЕПТИЧЕСКИМИ, ФИЗИЧЕСКИМИ И ХИМИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ, А ТАКЖЕ ПО ИХ МЕСТУ В ТИПОВОЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЕ.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА:

- СИНТЕЗ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ФЕРМЕНТНЫМИ СИСТЕМАМИ САМОЙ КЛЕТКИ И ПРОТЕКАЕТ ПРЕИМУЩЕСТВЕННО ВНУТРИКЛЕТОЧНО ВНЕ ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЛОКАЛИЗАЦИИ ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАЦИЙ ПО ЕГО ПОЛУЧЕНИЮ;
- СИНТЕЗ ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ИЗ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ПРЕДШЕСТВЕННИКОВ, КОТОРЫЕ В ХОДЕ РЕАКЦИИ, КАК ПРАВИЛО, ДОЛЖНЫ БЫТЬ АКТИВИРОВАНЫ;
- СИНТЕЗ ЯВЛЯЕТСЯ ЭНЕРГОЗАВИСИМЫМ ПРОЦЕССОМ;
- ПУТИ СИНТЕЗА СВЯЗАНЫ С КАТАБОЛИЗМОМ, НО МОГУТ СУЩЕСТВЕННО ОТЛИЧАТЬСЯ ОТ НИХ И В БОЛЬШИНСТВЕ СВОЁМ ОСУЩЕСТВЛЯЮТСЯ ФЕРМЕНТНЫМИ СИСТЕМАМИ, СПЕЦИФИЧНЫМИ ДЛЯ РЕАКЦИЙ АНАБОЛИЗМА.

ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ШТАММА

- ШТАММ (ОТ НЕМ. STAMM — БУКВАЛЬНО «СТВОЛ; РОД») — ЧИСТАЯ КУЛЬТУРА МИКРООРГАНИЗМА, КОТОРАЯ ВЫДЕЛЕНА ИЗ ОПРЕДЕЛЕННОГО ИСТОЧНИКА И ИДЕНТИФИЦИРОВАНА ПО МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИМ СОВРЕМЕННЫМ ТЕСТАМ КЛАССИФИКАЦИИ.
- КОЛЛЕКЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ — ЭТО ЖИВЫЕ БИБЛИОТЕКИ, ПОСТОЯННЫЙ ИСТОЧНИК ШТАММОВ КУЛЬТУР ДЛЯ НАУЧНЫХ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ НУЖД СТРАНЫ. ОНИ БЕСЦЕННЫ И СЧИТАЮТСЯ ВО ВСЕХ СТРАНАХ НАЦИОНАЛЬНЫМ ДОСТОЯНИЕМ
[\[HTTP://WWW.RCM.KZ/RU/GLAVNAYA/20-FRONTPAGE/316-GLAVNAYA-STATYA\]](HTTP://WWW.RCM.KZ/RU/GLAVNAYA/20-FRONTPAGE/316-GLAVNAYA-STATYA)
- ЭТАЛОННЫЙ ТЕСТ-ШТАММ — ЭТО ЧИСТАЯ КУЛЬТУРА МИКРООРГАНИЗМА, ДАННОГО ВИДА, КОТОРАЯ ИМЕЕТ ХАРАКТЕРНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ, МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И БИОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.
- КОНТРОЛЬНЫЙ ШТАММ — МИКРООРГАНИЗМ, ПРИМЕНЯЕМЫЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ, МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД И ДРУГИХ ВИДОВ РАБОТ, ТРЕБУЮЩИХ СТАНДАРТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЯ.
- КОНТРОЛЬНЫЙ ШТАММ ЧАЩЕ ВСЕГО ПОЛУЧАЮТ ИЗ НАЦИОНАЛЬНОЙ КОЛЛЕКЦИИ
- ПРОМЫШЛЕННЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ — ЭТО МИКРООРГАНИЗМЫ, ПРОИЗВОДЯЩИЕ В ЗАДАННЫХ УСЛОВИЯХ ВОЗОБНОВЛЯЕМУЮ БИОМАССУ И МЕТАБОЛИТЫ В КОММЕРЧЕСКИХ ЦЕЛЯХ.
- ПРИНЦИПЫ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ШТАММА: БЕЗВРЕДНОСТЬ (ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, НЕ ДОЛЖНЫ ИМЕТЬ ПОБОЧНЫХ ТОКСИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ОБМЕНА И ОТХОДОВ), ПРОДУКТИВНОСТЬ (ВЫСОКИЙ ВЫХОД ПРОДУКТА В ВИДЕ БИОМАССЫ ИЛИ МЕТАБОЛИТА), РЕЗИСТЕНТНОСТЬ (УСТОЙЧИВОСТЬ К РАЗЛИЧНЫМ ФАКТОРАМ ВОЗДЕЙСТВИЯ)

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОМАССЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

ПРОИЗВОДСТВО КОРМОВЫХ ДРОЖЖЕВЫХ ДОБАВОК

№ Показател ь		Характеристика
1	Продуцент	Дрожжи <i>Condida</i> , <i>Trichosporon</i>
2	Питательн ая среда	углеводсодержащее сырье (гидролизаты древесных и с/х отходов, меласса); природные и синтетические субстраты, содержащие органические кислоты, спирты и другие окисленные соединения углерода (отходы спиртовой промышленности-барда); углеводороды (нефть, парафины, природные газы)
3	Фермента ция	аэробно по непрерывному методу культивирования при температуре 30°C, pH 5,0-5,2
4	Выход биомассы	100-200г сухих дрожжей из 1 л среды (содержит до 40% протеина)

ПРОИЗВОДСТВО КОРМОВЫХ БАКТЕРИАЛЬНЫХ ДОБАВОК

№ Показател ь		Характеристика
1	Продуцент	Бактерии <i>Endomycopsis</i>
2	Питательн ая среда	с целлюлозной активностью
3	Фермента ция	Глубинный, при интенсивной аэрации: 29-31°C и pH 3-6
4	Выход биомассы	20 г/л биомассы образуется ч/з 48 ч, но макс. содержание аминокислот - на третьи сутки

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОМАССЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ПРОИЗВОДСТВО ХЛЕБОПЕКАРНЫХ ДРОЖЖЕЙ *SACCHAROMYCES CEREVIAE*

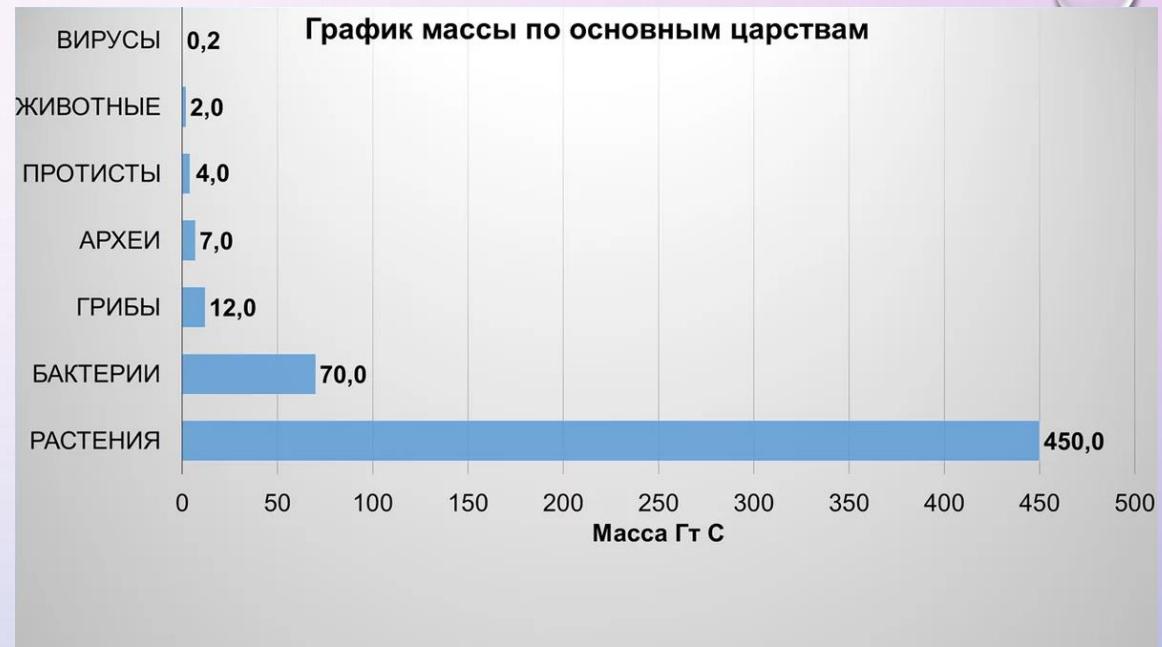
№	Показатель	Характеристика
1	Питательная среда	из мелассы (нестандартный побочный продукт сахарной промышленности, содержит до 86% сухих веществ, 40-55% сахарозы) с добавками солей фосфора и азота, реже – из этанола
2	Ферmentation	по периодической схеме в течение 4-6 суток; применяют как аэробный метод культивирования с поддержанием низкой концентрации сахара (0,5-1,5%) в мелассной среде, так и анаэробный – при культивировании в этанольной среде
3	Выход биомассы	в случае с применением мелассной среды 8 г/л при выходе 70% от использования субстрата, этанольной среды – 20г/л и 50% соответственно

ПРОИЗВОДСТВО МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ

№	Показатель	<i>Streptococcus, Lactobacillus; Lactobacillus</i>
1	Область применения	(приготовление молочных и хлебобулочных изделий)
2	Питательная среда	основным компонентом является молоко (цельное, обезжиренное, сухое)
3	Ферmentation	Периодический метод. Засевной материал составляет 1% от объема среды. Процесс размножения бактерий осуществляется без аэрации при температуре 40°C в течение 6 ч (молочнокислые палочки) или 30°C в течение 12-16 ч (молочнокислые стрептококки).
4	Выход биомассы	1–2 x 10 ⁹ клеток в 1 мл среды. При высушивании в распылительной сушилке (140°C) выживаемость бактерий составляет 7-33%. Бактериальный концентрат имеет пастообразную консистенцию, содержит на 1 г концентрата 120-500 млрд. жизнеспособных (50-100 млрд.) молочнокислых клеток

БЕЛОК ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ (БОО)

- **БЕЛОК ОДНОКЛЕТОЧНЫХ ОРГАНИЗМОВ (БОО) – БИОМАССА МИКРОБНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМАЯ В ПИТАНИИ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ. ПРОИЗВОДСТВО БОО СВЯЗАНО С КРУПНОМАСШТАБНЫМ ВЫРАЩИВАНИЕМ ОПРЕДЕЛЕННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ, ИХ СБОРОМ И ПЕРЕРАБОТКОЙ В ПИЩЕВЫЕ ПРОДУКТЫ. В ОСНОВЕ ПОЛУЧЕНИЯ БОО ЛЕЖИТ ТЕХНОЛОГИЯ ФЕРМЕНТАЦИИ. ПРОИЗВОДСТВО БОО ИМЕЕТ РЯД ПРЕИМУЩЕСТВ, ОСНОВНЫЕ ИЗ КОТОРЫХ СЛЕДУЮЩИЕ: 1) ОНИ РАСТУТ ГОРАЗДО БЫСТРЕЕ, ЧЕМ РАСТЕНИЯ И ЖИВОТНЫЕ; 2) СОКРАЩЕНИЕ СРОКОВ, НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ОПРЕДЕЛЕННОГО КОЛИЧЕСТВА ПИЩИ; 3) ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫЙ БЕЛОК ПОЛУЧАЮТ НА ЛЕГКОДОСТУПНЫХ УГЛЕВОДАХ.**
- ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ БОО ОСНОВАНО НА ГЛУБИННОМ НЕПРЕРЫВНОМ МЕТОДЕ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ В ЖИДКИХ СРЕДАХ. К ОСНОВНЫМ УСЛОВИЯМ ФЕРМЕНТАЦИИ ОТНОСЯТ: ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА СРЕДЫ; СОЗДАНИЕ ТРЕБУЕМЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ РОСТА; РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ФЕРМЕНТЕРОВ, ПРАВИЛА ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ; РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОТДЕЛЕНИЯ БИОМАССЫ ОТ КУЛЬТУРАЛЬНОЙ СРЕДЫ.



Подсчёты производились в гигатоннах углерода, потому как соединения углерода являются основой для всего живого и составляет около 17,5% в составе животных и растений, при этом, эта масса не зависит от содержания в них воды. 1 Гт С равна 10 в 15 степени грамм углерода. По подсчётам учёных биомасса всех царств жизни на планете составляет 550 Гт углерода. Львиная доля биомассы это растения, около 450 Гт С, затем идут бактерии 70 Гт С, грибы 12 Гт С, археи 7 Гт С, протисты 4 Гт С, животные 2 Гт С и вирусы 0,2 Гт С.

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЕВОГО ПРОДУКТА

Классификация	Разъяснение/ пример
Выращивание биомассы	Производство белка одноклеточных организмов (БОО)
Биосинтез продуктов метаболизма	Ферментация, Биокатализ
Биоутилизация исходной среды	Биоокисление, биокомпостирование и биодеградация

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФИЗИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ФАЗЫ ПРОТЕКАНИЯ ПРОЦЕССА

Классификация	Разъяснение/ пример
Твердофазная	Биокомпостирование, производство сыра, колбасных изделий
Жидкофазная	Биомасса микроорганизмов сuspendedирована в питательной жидкой среде
Газофазная	При очистке газов от вредных примесей: микроорганизмы иммобилизуются на твердом носителе, взвешенных в потоке газа

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СПОСОБА ОРГАНИЗАЦИИ

Классификация	Разъяснение/ пример
Периодические	Единовременная загрузка сырья и посевного материала в аппарат, по окончании процесса среда выгружается из аппарата
Непрерывные	Загрузка и выгрузка среды протекают непрерывно и одновременно
Отъемно-деливные	После некоторого времени процесса, часть ферментационной среды выгружают и заменяют свежей средой
Многоциклические	Каждый последующий процесс начинается в биореакторе с остаточной части ферментационной жидкости (посевного материала)
Полунепрерывные с подпиткой субстрата	Сочетание отъемно-деливных и подпиточных
Периодические с подпиткой субстрата	Часть среды загружается в начале ферментации, другая – по мере протекания процесса

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СТЕПЕНИ ИЗОЛЯЦИИ ОТ ПОСТОРОННЕЙ МИКРОФЛОРЫ И ЧИСЛЕННОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ КУЛЬТУР

Характеризуемый признак	Классификация	Разъяснение/ пример
Степень изоляции от посторонней микрофлоры	Асептическая	Производство БАВ
	Условно асептическая	Производство кормовых БОО
	Неасептическая	Биокомпостирование, биовыщелачивание, биоремедиация
Численность биологических культур	Монокультурная	Культивирование одного вида микроорганизмов
	Поликультурная	Культивирование сообществ микроорганизмов

КЛАССИФИКАЦИЯ ФЕРМЕНТАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОТНОШЕНИЯ К КИСЛОРОДУ И СВЕТУ

Характеризуемый признак	Классификация	Разъяснение/ пример
Отношение к молекулярному кислороду	Аэробная	В присутствии молекулярного кислорода
	Факультативно-анаэробная	Организмы, энергетические циклы которых проходят по анаэробному и аэробному пути
	Анаэробная	Микроорганизмы, получающие энергию путем субстратного фосфорилирования
Отношение к свету	Фототрофная	Световая
	Хемотрофная	Темновая

ТЕХНОЛОГИЯ БИОАУГМЕНТАЦИИ МИКРООРГАНИЗМОВ

- БИОМАССА МИКРООРГАНИЗМОВ ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ СЛОЖНУЮ БИОХИМИЧЕСКУЮ СИСТЕМУ, НАПРАВЛЕННУЮ НА ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕМЕНТОВ И СОЕДИНЕНИЙ ХИМИЧЕСКОЙ И БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ. ПОЛУЧЕННУЮ БИОМАССУ УСПЕШНО ПРИМЕНЯЮТ В ЭКОЛОГИИ, МЕДИЦИНЕ, А ТАКЖЕ В РАЗЛИЧНЫХ ОТРАСЛЯХ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.
- ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БИОМАССЫ: ОБЩАЯ БИОМАССА 1800-2500 МЛРД.Т., КОЛИЧЕСТВО ЭНЕРГИИ (В 10 РАЗ БОЛЬШЕ МИРОВОГО КОММЕРЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ ВСЕЙ ЭНЕРГИИ), СОДЕРЖАЩЕЙ В НАЗЕМНОЙ БИОМАССЕ 25000 ЭДЖ, ГОДОВОЙ ПРИРОСТ БИОМАССЫ - 400 000 МЛН ТОНН, СКОРОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ БИОМАССОЙ – 2800 - 3300 ЭДЖ/ГОД, ПОТРЕБЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ БИОМАССЫ - 55 ЭДЖ/ГОД.
- ФУНКЦИИ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ БИОМАССОЙ В ПРИРОДЕ:
АККУМУЛЯЦИЯ, ПЕРЕРОЖДЕНИЕ ЭНЕРГИИ И КРУГОВОРОТ ВЕЩЕСТВ



МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ БИОМАССЫ МИКРООРГАНИЗМОВ

- МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ СОСТАВ БИОМАССЫ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦЕЛИ МОЖЕТ СОСТОЯТЬ ИЗ ОДНОЙ КУЛЬТУРЫ ИЛИ СООБЩЕСТВА КУЛЬТУР. СРЕДНИЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ: ВОДА 70%, ОРГАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ 20%, НЕОРГАНИЧЕСКИЕ – 10%. НАПРИМЕР, ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АКТИВНОГО ИЛА: ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ БЕЛОК СОСТАВЛЯЕТ ПРИМЕРНО ОТ 40 ДО 60%, ЖИРОВ – ОТ 10 ДО 30 %, УГЛЕВОДОВ – ОТ 3 ДО 20 %. ЗОЛЬНОСТЬ КОЛЕБЛЯТСЯ В ПРЕДЕЛАХ ОТ 10 ДО 40 % (P, S, K, NA, CA, MG, FE И Т.Д.)
- ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ:
 - 1. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ АЭРОБНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ОСУЩЕСТВЛЯЮТ ДВУМЯ ПОДХОДАМИ: ПОВЕРХНОСТНОЕ, КОГДА МИКРООРГАНИЗМЫ КУЛЬТИВИРУЮТ НА ПОВЕРХНОСТИ ЖИДКИХ ИЛИ ПЛОТНЫХ СРЕД И ГЛУБИННОЕ – ВНУТРИ ЖИДКОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ. В ПЕРВОМ СЛУЧАЕ КИСЛОРОД ПОСТУПАЕТ В КЛЕТКИ МИКРООРГАНИЗМОВ НЕПОСРЕДСТВЕННО ИЗ ВОЗДУХА, ВО ВТОРОМ – ПРИ АЭРАЦИИ (МИКРООРГАНИЗМЫ ИСПОЛЬЗУЮТ РАСТВОРЕННЫЙ КИСЛОРОД).
 - 2. КУЛЬТИВИРОВАНИЕ АНАЭРОБНЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ ОСУЩЕСТВЛЯЮТ В АНАЭРОБОСТАТЕ В ТОЛЩЕ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ, В ВЫСОКОМ СЛОЕ СРЕДЫ ИЛИ ВЯЗКОЙ СРЕДЕ (С ПРИСУТСТВИЕМ В СРЕДЕ КАРТОФЕЛЬНОЙ МУКИ И АГАРА В КОНЦЕНТРАЦИИ 0,2–0,3 %). ОСНОВНОЙ ПРИНЦИП – ИСКЛЮЧЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОГО КИСЛОРОДА, СОЗДАНИЕ И ПОДДЕРЖАНИЕ В НИХ НИЗКОГО ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО ПОТЕНЦИАЛА

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ (ПО ОТРАСЛЯМ) И В ЗАЩИТЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

- В ЭНЕРГЕТИКЕ: БИОМАССА АВТОТРОФНЫХ ЦИАНОБАКТЕРИЙ И МИКРОВОДОРОСЛЕЙ, БИОМАССА МЕТАНОБРАЗУЮЩИХ БАКТЕРИЙ И ДР.
- В ДРУГИХ ОТРАСЛЯХ: БИОМАССА СЕРО- И ЖЕЛЕЗООКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ, БИОМАССА ТИОНОВЫХ БАКТЕРИЙ И ДР. (ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ, МЕТАЛЛУРГИЧЕСКАЯ); БАКТЕРИИ РОДА *PSEUDOMONAS*, *ALCALIGENES*, *RHODOCOCCUS*, САПРОФИТИНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ И ДР. (НЕФТЯНАЯ, ХИМИЧЕСКАЯ).
- В ПИЩЕВОЙ И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ: МОЛОЧНОКИСЛЫЕ БАКТЕРИИ, АКТИНОМИЦЕТЫ, ДРОЖЖИ, МИКРОМИЦЕТЫ И ДР.
- В ЗАЩИТЕ ОС: БИОМАССА КОНСОРЦИУМА МИКРООРГАНИЗМОВ (ВИДОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БИОМАССЫ ЗАВИСИТ ОТ КАЧЕСТВА И СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ), НАПРИМЕР, БИОМАССА АКТИВНОГО ИЛА, ПОЧВЕННЫХ БАКТЕРИЙ.
- ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ СОСТАВЛЯЕТ БОЛЕЕ 19 МЛРД. Т., ЧТО В 1,5 РАЗА ПРЕВЫШАЕТ СОВРЕМЕННОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ. ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ ЭНЕРГИИ ОПРЕДЕЛЕН В РАЗМЕРЕ 270 МЛН. Т/ГОД, ЧТО СОСТАВЛЯЕТ 25% ОТ ГОДОВОГО ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ. РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ ИМЕЕТ БОЛЬШИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ.
- БИОМАССА ИСПОЛЬЗУЕТСЯ В КАЧЕСТВЕ ТОПЛИВА И ЭНЕРГИИ. ОНА МОЖЕТ БЫТЬ ПЕРЕРАБОТАНА В ТВЕРДОЕ, ЖИДКОЕ И ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО ИЛИ ПРЕВРАЩЕНО В ТЕПЛО. СОГЛАСНО ПРОГНОЗАМ В БЛИЖАЙШЕМ БУДУЩЕМ ОКОЛО 8,5% ОБЩЕЙ ЭНЕРГИИ МОЖЕТ БЫТЬ ПОЛУЧЕНО ИЗ БИОМАССЫ

ПРОИЗВОДСТВО МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ БАКТЕРИАЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

№	Показатель	Водородные	Метаноокисляющие
		<i>Hydrogenomonas</i>	<i>Mysobacterium, Preudobacterium, Chromobacterium, Brevibacterium</i>
1	Область применения	В энергетике и промышленности	В энергетике и промышленности
2	Питательная среда	Сырьем для получения биомассы служат газы (углекислый газ – 10%, водород – 75% и кислород – 15%) и смесь минеральных солей. Газ непрерывно пропускается через культуральную жидкость – раствор солей, в котором сuspendedирована культура клеток.	Усваивают метан автотрофно с образованием CO_2 из CH_4 и гетеротрофно при последовательном окислении CH_4 через спирт и альдегид
3	Ферментация	При периодическом перемешивании среды и продувании ее газовой смесью. На 1 л культуральной жидкости приходится 3-5 г биомассы посевного материала. Условия культивирования: pH -6,8, температура 31-32°C.	Замкнутая система циркуляции газовой смеси (кислород – 8-10%, метан – 10-15%, углекислый газ – 5% и остальное - азот) по периодической системе культивирования. Условия культивирования: температура 30°C, давление 4 МПа в начале и 0,1 МПа в конце ферментации.
4	Выход биомассы	Урожайность может достигать 50 г на 1 л культуральной среды, что соответствует 4,5 кг/ч биомассы расходуется 1,25 – 1,3 т метана. биомассы на 1 м ³ емкости.	На получение 1 т сухой бактериальной биомассы расходуется 1,25 – 1,3 т метана.

АКТИВНЫЙ ИЛ КАК ОБЪЕКТ БИОТЕХНОЛОГИИ

Определение и особенность	Биоценоз активного ила и биопленки	Визуальная характеристика	Область применения
Биоценоз естественного и искусственного происхождения.	<p>Включает бактерии, актиномицеты, грибы (в основном плесневые многоклеточные <i>Fusarium</i>, одноклеточные <i>Mucor</i> и дрожжи), простейшие (в основном классы: саркодовые, жгутиковые, ренснитчевые и сосущие инфузории).</p> <p>Из бактерий: <i>Pseudomonas</i>, <i>Zoogloea</i>, <i>Flavobacterium</i>, <i>Achromobacter</i>, <i>Alcaligenes</i>, <i>Arthrobacter</i>, <i>Bacillus</i>, <i>Bacterium</i>, <i>Brevibacterium</i>, <i>Caulobacter</i>, <i>Hypomicrobium</i>, <i>Bdellovibrio</i>, <i>Sphaerotilus</i>, <i>Nocardia</i> и некоторых других</p>	<p>Субстанция из буро-желтых или темно-коричневых хлопьев размером от 3 до 150 мкм, взвешенных в воде и состоящих из живых организмов (70%) и твердых частиц неорганической природы</p>	<p>Очистка газов и сточных вод</p>

БИОМАССА МИКРООРГАНИЗМОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНОГЕННО ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

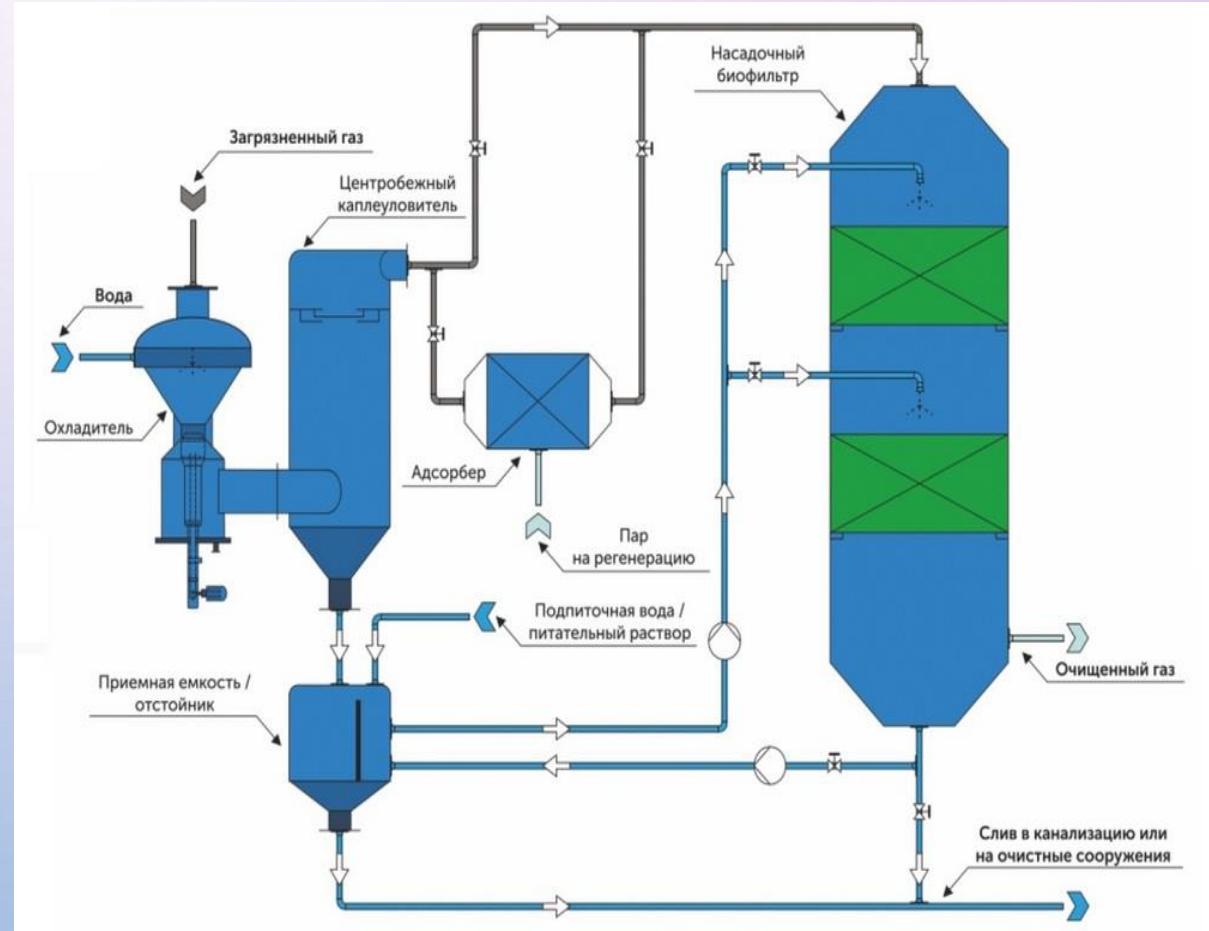
- ПОЧВА, КАК ДИНАМИЧЕСКИ РАЗВИВАЮЩАЯ СЛОЖНАЯ СИСТЕМА, ПРЕДСТАВЛЯЕТ СОБОЙ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ БИОТЕХНОЛОГИИ, «ПРИРОДНЫЙ ТОНКОСЛОЙНЫЙ ЛЕНТОЧНЫЙ БИОРЕАКТОР» (ТОЛЩИНА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЗЕМЛИ НЕ ПРЕВЫШАЕТ 1–1,5 М), ГДЕ ПРОТЕКАЮТ ВАЖНЕЙШИЕ ДЛЯ БИОСФЕРЫ БИОХИМИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ.
- «НАСЕЛЕНИЕ» ПОЧВ ВНУШИТЕЛЬНО: НА ПЛОЩАДИ 1 ГА В ВЕРХНЕМ 30-САНТИМЕТРОВОМ СЛОЕ ПОЧВЫ СОСРЕДОТОЧЕНО ДО 25 ТОНН ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ, ИЗ НИХ 20 Т – МИКРООРГАНИЗМЫ, 4 Т – ЗЕМЛЯНЫЕ ЧЕРВИ И 1 Т – ДРУГИЕ ОБИТАТЕЛИ.
- ТАКАЯ «ЖИЗНЕННАЯ НАСЫЩЕННОСТЬ» ПРИДАЕТ ПОЧВЕ ВАЖНУЮ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ФУНКЦИЮ: ПОЧВА ЯВЛЯЕТСЯ СРЕДОЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОМАССЫ, Т.К. ЖИВАЯ ФАЗА ПОЧВЫ ИММОБИЛИЗОВАНА НА ТВЕРДОЙ ФАЗЕ, А ГАЗОВАЯ И ЖИДКАЯ ФАЗА СПОСОБСТВУЕТ ФЕРМЕНТАЦИОННЫМ РЕАКЦИЯМ.
- БЛАГОДАРЯ ЭТОЙ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВА ЯВЛЯЕТСЯ ФИЛЬТРОМ (НЕ ПРОПУСКАЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВГРУНТОВЫЕ ВОДЫ), БУФЕРНОЙ СРЕДОЙ (СРЕДА ДЛЯ ТРАНСФОРМАЦИИ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ), БИОРЕЗЕРВУАРОМ (СРЕДА ДЛЯ ПРОЖИВАНИЯ ЖИВЫХ ОРГАНИЗМОВ) И СЫРЬЕВЫМ МАТЕРИАЛОМ (СОДЕРЖИТ ПИТАТЕЛЬНЫЕ ВЕЩЕСТВА).

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ КОНСОРЦИУМА МИКРООРГАНИЗМОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВ

Особенности	Преимущества	Ограничения	Виды
1) ключом к биоразложению загрязнений является метаболическая активность микроорганизмов; 2) биоразложение завершается полной минерализацией или частичным разложением как в аэробных, так и в анаэробных условиях; 3) чтобы ускорить биоразложение, прибегают к стимулированию природных микроорганизмов	1) биологическому разложению поддаются очень многие органические соединения; 2) биологические процессы применимы во всех средах; 3) в таких процессах образуется мало или вообще не образуются остаточные соединения; 4) биологические процессы позволяют проявлять гибкость при проектировании системы; 5) стоимость биологических процессов меньше стоимости других технологий.	- обычно неприменимы к неорганическим загрязнениям; - являются медленной обработкой загрязненной почвы; - требуют очень подробного описания (изучения) участка; - ограничены особенностями участка.	1) бионасыпи (ex); 2) биовосстановление в жидкой фазе - с образованием биовзвеси (bioslurry) (ex); 3) биовентилирование (in); 4) компостирование (ex); 5) усиленное биовосстановление (in); 6) биовосстановление в твердой фазе - обработка загрязненной почвы (ила) с участием поверхности здоровой почвы на выделенном участке (landfarming) (ex); 7) отслеживаемое естественное ослабление загрязнения (его рассеяние и разложение) (in); 8) фитовосстановление (in).

БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА МИКРОБНОЙ БИОМАССЫ ДЛЯ ОЧИСТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ВЫБРОСОВ

- БИОРЕКОНСТРУКЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ГАЗООЧИСТКИ ОСНОВАНЫ НА СПОСОБНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ РАЗРУШАТЬ И ПРЕОБРАЗОВЫВАТЬ РАЗЛИЧНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ. ПОГЛОЩЕНИЕ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ, СОДЕРЖАЩИХСЯ В ВОЗДУХЕ ПРИ БИОРЕКОНСТРУКЦИИ, ОСУЩЕСТВЛЯЕТСЯ ЗА СЧЕТ ЖИЗНЕНДЕЯТЕЛЬНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ.
- НА СЕГОДНЯ НАИБОЛЕЕ ШИРОКО ПРАКТИКУЕМОЙ ТЕХНОЛОГИЕЙ ОЧИСТКИ ВЫБРОСОВ ЯВЛЯЕТСЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА БИОФИЛЬТРОВ.
- КОНСТРУКЦИЯ БИОФИЛЬТРА ПРОСТА В СБОРЕ И ОБСЛУЖИВАНИИ. НОСИТЕЛЕМ СЛУЖИТ КОМПОСТ, КОРА, ТОРФ, ШЛАК ИЛИ ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ С РАЗВИТОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ И ПОРИСТОСТЬЮ. МИКРООРГАНИЗМЫ В СОСТАВЕ АКТИВНОГО ИЛА, СОСРЕДОТОЧЕННЫЕ В НОСИТЕЛЯХ ОКИСЛЯЮТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА ПРИ ПРОПУСКАНИИ ОТРАБОТАННОГО ВОЗДУХА. КОНСТРУКЦИЯ БИОФИЛЬТРОВ ПОЗВОЛЯЕТ ПРОВОДИТЬ ЗАМЕНЫ НОСИТЕЛЕЙ, ЧТО ПОВЫШАЕТ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ БИОФИЛЬТРОВ



АЭРОБНАЯ БИОМАССА МИКРООРГАНИЗМОВ В ТРАНСФОРМАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

АЭРОБНОЕ ОКИСЛЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ И КОММУНАЛЬНЫХ СТОКОВ ОСУЩЕСТВЛЯЮТСЯ СООБЩЕСТВОМ МИКРОФЛОРЫ И МИКРОФАУНЫ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ТАБЛ. ПРОЦЕСС ИХ ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ ЗАВЕРШАЕТСЯ ПРОИЗВОДСТВОМ БИОКОМПОСТА, КОТОРЫЙ МОЖЕТ С УСПЕХОМ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ В КАЧЕСТВЕ БИОУДОБРЕНИЙ

Показатель	Стадии аэробного биоразложения			
	Мезофильная	Термофильная	Остывания	Созревания
Общая характеристика	Подкисление	Повышение температуры	Автолиз	Производство гуминовых кислот
Продолжительность	до 4 – 6 дней	до 2-х мес.	3 – 6 месяцев	1,5 – 4 мес
Биоразложению подвержены	сахара, крахмал, жиры, белки	целлюлозы, лигнины, танины и меланины	полисахариды, целлюлоза	остатки лигнина
Микробиологическая активность	Мезофилы	Спорообразующие. Термофилы	Факультативные анаэробы (грибы, актиномицеты)	Актиномицеты, бациллы, олиготрофные бактерии
Продукция	Выделение тепла до 50 – 60 °C	Равновесие между выделением и потерей тепла	Стабильность массы	Зрелый компост

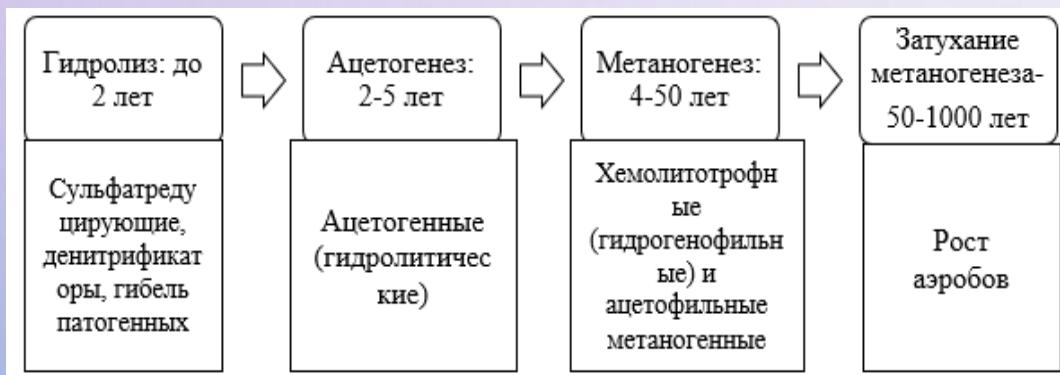
ПРОДУКТЫ АНАЭРОБНОГО БИОРАЗЛОЖЕНИЯ ОТХОДОВ

СООБЩЕСТВО МИКРООРГАНИЗМОВ, КАК ОБЪЕКТ
БИОТЕХНОЛОГИИ ПРИ АНАЭРОБНОМ БРОЖЕНИИ
ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ

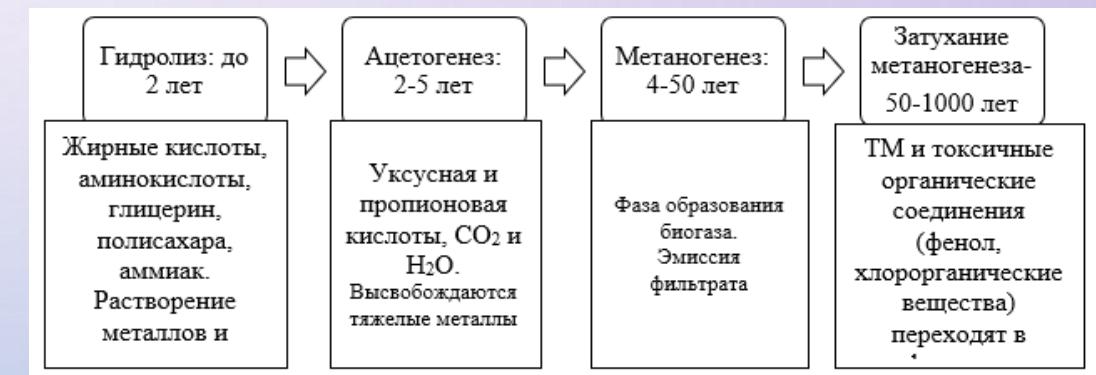
Сообщество микроорган измов	Стадия брожения	Описание процесса
Факультати вные анаэробы	Ферментативны й гидролиз	сложные органические соединения (жиры, белки, углеводы) образуют простые растворимые органические соединения
Гетерогенны е	Кислото- образования	Выделение летучих жирных кислот, аминокислот и спиртов
Ацетогенны е	Ацетогенная	Образуется уксусная кислота
Метаногенн ые строгие анаэробы	Метаногенная	Образование метана

- МЕТАНОГЕННОЕ СООБЩЕСТВО БАКТЕРИЙ ИГРАЕТ ВАЖНУЮ РОЛЬ В КРУГОВОРОТЕ ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ В ПРИРОДЕ, АССИМИЛИРУЯ ДВУОКСИСЬ УГЛЕРОДА, ОКИСЬ УГЛЕРОДА И ВОДОРОД И ОБРАЗУЯ ИЗ НИХ УГЛЕВОДОРОД, МЕТАН И СВОЮ БИОМАССУ.
- ПРОЦЕСС ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ МЕТАНОГЕНОВ ЗАВЕРШАЕТСЯ ПРОИЗВОДСТВОМ БИОГАЗА, В СОСТАВЕ КОТОРОГО ДО 80 % НАХОДИТСЯ МЕТАН, ДО 20 % - УГЛЕКИСЛОТА И МЕНЕЕ 1 % - СЕРОВОДОРОД. ОПТИМАЛЬНЫМИ ДЛЯ МЕТАНОГЕНЕЗА УСЛОВИЯ ПРИ ТВЕРДОФАЗНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ – 36–60 °С, РН 7,5 – 8,5, ВЛАЖНОСТЬ ДО 45–50 %

ГЕОБИОРЕАКТОР: МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ФАЗ РАСПАДА ОРГАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТБО В ГЕОБИОРЕАКТОРАХ



ГЕОБИОРЕАКТОР: ПРОДУКТЫ ПО ФАЗАМ РАСПАДА ОРГАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТБО В ГЕОБИОРЕАКТОРАХ



ЛИТЕРАТУРА

1. БЕККЕР, М. Е. ВВЕДЕНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИЮ / М.Е. БЕККЕР. - М.: ПИЩЕВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ, 2005. - 248 С.
2. БЕККЕР, М.Е. ВВЕДЕНИЕ В БИОТЕХНОЛОГИЮ / М.Е. БЕККЕР. - М.: КНИГА ПО ТРЕБОВАНИЮ, 2012. - 115 С.
3. БИОТЕХНОЛОГИЯ / ПОД РЕДАКЦИЕЙ Е.С. ВОРОНИНА. - М.: ГИОРД, 2008. - 350 С.
4. БИОТЕХНОЛОГИЯ. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА / Н.В. ЗАГОСКИНА И ДР. - М.: ОНИКС, 2014. - 496 С.
5. ДЕБАБОВ, В. Г. БИОТЕХНОЛОГИЯ. В 8 КНИГАХ. КНИГА 2. СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ СОЗДАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ШТАММОВ МИКРООРГАНИЗМОВ. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ / В.Г. ДЕБАБОВ, В.А. ЛИВШИЦ. - М.: ВЫСШАЯ ШКОЛА, 2013. - 208 С.
6. НЕВЕРОВА, О. А. ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ / О.А. НЕВЕРОВА, Г.А. ГОРЕЛИКОВА, В.М. ПОЗНЯКОВСКИЙ. - М.: СИБИРСКОЕ УНИВЕРСИТЕТСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО, 2007. - 416 С.
7. ОСНОВЫ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ / Т.П. ПРИЩЕП И ДР. - М.: ФЕНИКС, ИЗДАТЕЛЬСТВО НТЛ, 2006. - 256 С.
8. ПАВЛИНОВА, И. И. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ / И.И. ПАВЛИНОВА, Л.С. АЛЕКСЕЕВ, М.А. НЕВЕРОВА. - М.: МГСУ, 2014. - 152 С.
9. САЗЫКИН, Ю. О. БИОТЕХНОЛОГИЯ / Ю.О. САЗЫКИН, С.Н. ОРЕХОВ, И.И. ЧАКАЛЕВА. - М.: АКАДЕМИЯ, 2008. - 256 С.
10. САССОН, АЛДЬБЕР БИОТЕХНОЛОГИЯ: СВЕРШЕНИЯ И НАДЕЖДЫ / АЛДЬБЕР САССОН. - М.: МИР, 2009. - 412 С.
11. СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ. - М.: ВЫСШАЯ ШКОЛА, 2008. - 205 С.
12. СКУРКО, Е.В. ГЕННО-ИНЖЕНЕРНЫЕ БИОТЕХНОЛОГИИ / Е.В. СКУРКО. - М.: МИР, 2007. - 176 С.
13. ФЕДОСЕЕВ, К. Г. ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ БИОТЕХНОЛОГИИ В ХИМИКО-ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ / К.Г. ФЕДОСЕЕВ. - Л.: МЕДИЦИНА, 2010. - 200 С.
14. ШМИД, Р. НАГЛЯДНАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ И ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ / Р. ШМИД. - М.: БИНОМ. ЛАБОРАТОРИЯ ЗНАНИЙ, 2014. - 328 С.