

Введение

Биотехнология как наука возникла в 1950-х гг. и в настоящее время является одним из приоритетных научных направлений. Именно с достижениями в области биотехнологии связывают не только повышение благосостояния человечества в будущем, но и увеличение продолжительности жизни людей.

Быстрое развитие биотехнологии обусловлено интенсивным развитием биологии, успехами в познании жизненных явлений, прежде всего в области микробиологии, энзимологии, молекулярной биологии и молекулярной генетики. Все это позволило объединить разрозненные прикладные направления в новую единую фундаментальную науку о практическом использовании биологии в целом (а не отдельных ее ветвей, как это было прежде) — *биотехнологию*.

Биотехнология — это и технологические процессы, осуществляемые с использованием различных биологических систем, включая как живые организмы (от микроорганизмов до клеток животных и растений), так и их компоненты (ферменты, витамины и т. д.).

Микроорганизмы стали основой для производства целого ряда полезных продуктов (органических кислот, этанола для технических целей, ферментов, витаминов, антибиотиков и т. п.). Культивируемые в условиях *in vitro* растительные и животные клетки нашли применение в сельском хозяйстве (растениеводстве, животноводстве), при получении физиологически активных веществ, фармацевтических препаратов, моноклональных антител и других продуктов.

В биологической промышленности используются разнообразные биомолекулы, а также иммобилизованные ферменты, что позволило решить часть технологических проблем.

Важное направление современной биотехнологии — генетическая инженерия. Она предоставила исследователям новую, исключительно ценную возможность изменения генетической программы бактериальных, растительных и животных клеток. И это направление исследований уже приносит большие научные и практические результаты.

Нет сомнений, что биотехнология является одним из важных направлений научно-технического прогресса. Она внесла большой вклад в обеспечение растущего населения Земли продовольствием, благодаря ее достижениям принципиально улучшится состояние медицины и ветеринарии, в постнефтяную и постгазовую эры будут созданы новые виды топлива, а также сырьевая база и технологии переработки возобновляемого сырья для химической индустрии. Несомненен значительный вклад биотехнологии в защиту окружающей среды.

Биотехнология — одна из перспективных и высокорентабельных отраслей производства. Например, в США насчитывается более 1500 биотехнологических компаний (во всем мире их свыше 3 тыс.), в числе которых крупнейшие химические и фармацевтические концерны Monsanto, Du Pont, American Cyanamid, Merck, Novartis и др. В других странах, где

инвестиционный климат не столь благоприятен и бизнес менее активен, главную роль в создании биотехнологических предприятий играют крупные корпорации и государство. Быстро развивается и западноевропейская биотехнологическая индустрия, в которой занято свыше 600 биотехнологических компаний.

В России также уделяется значительное внимание развитию биотехнологии. Уже имеются биотехнологические разработки мирового уровня, внедрение которых приносит ощутимую пользу обществу. Так, уникальная микробиологическая технология регулирования микрофлоры пластов, разработанная в Институте микробиологии РАН, позволила компании «Татнефть» получить дополнительно около полумиллиона тонн «черного золота».

По новой технологии Института микробиологии РАН с 2001 г. в Красноярском крае на золотодобывающем комбинате работает восемь ферментеров. Создан новый способ снижения концентрации метана в шахтах с использованием метанотрофных бактерий. Разработаны и производятся флокулянты для фильтрации воды в очистных сооружениях, созданы оригинальные технологии производства ферментов для стиральных порошков (Гос. НИИ Генетика РАН).

Достижения биотехнологии приносят реальную пользу народному хозяйству и людям, когда на их основе открываются промышленные производства, создающие в значительных количествах практически ценные продукты, что и является основной задачей биотехнологов.

Понятие о биотехнологии, задачи биотехнологии

История развития биотехнологии

Биотехнология - это новая, сравнительно недавно получившая широкое развития наука о практическом использовании различных биологических объектов (генов, клеток, тканей, микроорганизмов, растений и животных) с целью получения антибиотиков, ферментов, кормовых белков, биоудобрений, безвирусных растений, новых сортов растений и животных, переработки сырья, промышленных и сельскохозяйственных отходов, очистки сточных вод и газовоздушных выбросов и так далее. Успехи, достигнутые в области биотехнологии, стали возможными благодаря бурному развитию таких наук, как биохимия, генетика, цитология, микробиология, молекулярная биология, клеточная и генетическая инженерии и другие.

Основная цель биотехнологии — промышленное использование биологических процессов и агентов на основе получения высокоэффективных форм микроорганизмов, культур клеток и тканей растений и животных с заданными свойствами.

Во многих странах мира биотехнологии придается первостепенное значение. Это связано с тем, что биотехнология имеет ряд существенных **преимуществ** перед другими видами технологий, например, химической.

1. Низкая энергоемкость. Биотехнологические процессы совершаются при нормальном давлении и температурах 20-40° С.

2. Биотехнологическое производство чаще базируется на использовании стандартного однотипного оборудования. Однотипные ферментеры применяются для производства аминокислот, витаминов; ферментов, антибиотиков.

3. Биотехнологические процессы несложно сделать безотходными. Микроорганизмы усваивают самые разнообразные субстраты, поэтому отходы одного какого-то производства можно превращать в ценные продукты с помощью микроорганизмов в ходе другого производства.

4. Безотходность биотехнологических производств делает их экологически наиболее чистыми. Экологическая целесообразность биотехнологических производств определяется также возможностью ликвидации с их помощью биологических отходов - побочных продуктов пищевой, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности, в сельском и городском хозяйствах.

5. Исследования в области биотехнологии не требуют крупных капитальных вложений, для их проведения не нужна дорогостоящая аппаратура.

К первоочередным **задачам** современной биотехнологии относятся - создание и широкое освоение:

1. новых биологически активных веществ и лекарственных препаратов для медицины (интерферонов, инсулина, гормонов роста, антител);

2. микробиологических средств защиты растений от болезней и вредителей, бактериальных удобрений и регуляторов роста растений, новых высокопродуктивных и устойчивых к неблагоприятным факторам внешней среды гибридов сельскохозяйственных растений, полученных методами генетической и клеточной инженерии;

3. ценных кормовых добавок и биологически активных веществ (кормового белка, аминокислот, ферментов, витаминов, кормовых антибиотиков) для повышения продуктивности животноводства;

4. новых технологий получения хозяйственно-ценных продуктов для использования в пищевой, химической, микробиологической и других отраслях промышленности;

5. технологий глубокой и эффективной переработки сельскохозяйственных, промышленных и бытовых отходов, использования сточных вод и газовоздушных выбросов для получения биогаза и высококачественных удобрений.

Принципы биотехнологии:

1. **Принцип экономической обоснованности.** Биотехнология внедряется только в те производственные процессы, которые нельзя эффективно и с теми

же затратами реализовать средствами традиционной технологии. Аминокислоту лизин можно легко синтезировать химическим путем, но это весьма трудоёмкая процедура, поэтому лизин получают путем микробиологического синтеза.

2. Принцип целесообразного уровня технологических разработок.

Масштаб производства продукта, степень его очистки, уровень автоматизации производства - все это должно прямо определяться соображениями экономической выгоды, сырьевыми и энергетическими ресурсами, уровнем спроса готового продукта. Для получения препаратов медицинского назначения, которые требуются в количестве нескольких сотен граммов в год, целесообразно использовать небольшие биореакторы, крупномасштабное производство здесь себя не оправдывает. В большинстве современных микробиологических производств стремятся к использованию чистых культур микроорганизмов и к полной стерильности оборудования, сред, воздуха, но в некоторых случаях, продукт, удовлетворяющий потребителя (например, биогаз), может быть получен и без чистых культур, растущих в условиях не стерильности.

3. Принцип научной обоснованности биотехнологического процесса. Научные знания позволяют заранее провести расчет параметров среды, конструкции биореактора и режима его работ.

4. Принцип удешевления производства (максимальное снижение затрат). Как пример - использование в биотехнологических процессах энергии Солнца, естественных биореакторов - природных водоёмов - вместо рукотворных аппаратов, в частности, для получения биомассы одноклеточных водорослей.

К основным разделам современной биотехнологии относятся микробиологический синтез, клеточная инженерия, генетическая инженерия.

2. История возникновения и развития биотехнологии

История возникновения и развития биотехнологии включает три этапа.

1 этап - зарождение биотехнологии с древних времен до конца XVIII в. Археологические раскопки показывают, что ряд биотехнологических процессов зародились в древности. На территории древнейших очагов в Месопотамии, Египте сохранились остатки пекарен, пивоваренных заводов, сооруженных 4-6 тысячелетий назад. В 3 тысячелетии до н. э. шумеры изготавливали до двух десятков сортов пива. В Древней Греции и Риме широкое распространение получили виноделие и изготовление сыра. В основе пивоварения и виноделия лежит деятельность дрожжевых грибов, сыроделия - молочнокислых бактерий, сычужного фермента. Получение льняного волокна происходит с разрушением пектиновых веществ микроскопическими грибами и бактериями. Таким образом, наши предки в течение тысячелетий успешно использовали метод микробиологической ферментации для сохранения и улучшения вкуса пищи, производства спиртных напитков, изготовления одежды. Зарождение биотехнологии тесно связано с сельским

хозяйством, переработкой растениеводческой и животноводческой продукции.

2 этап (XIX - первая половина XX в.) - становление биотехнологии как науки. Благодаря трудам Л. Пастера в конце XIX в. были созданы условия для дальнейшего развития прикладной (технической) микробиологии, а также в значительной мере и биотехнологии. Пастер установил, что микроорганизмы играют ключевую роль в процессах брожения, и показал, что в образовании отдельных продуктов участвуют разные их виды. Это послужило основой развития в конце XIX — начале XX в. бродильного производства органических растворителей (ацетона, этанола, бутанола, изопропанола) и других химических веществ, где использовались разнообразные виды микроорганизмов.

Этот этап связан с началом бурного развития биологических наук: генетики, микробиологии, вирусологии, цитологии, физиологии, эмбриологии. На рубеже XIX и XX вв. в ряде стран создаются первые биогазовые установки, в которых отходы животноводства и растениеводства под действием микроорганизмов превращались в биогаз (метан) и удобрение. В конце 40-х годов XX, века, с организацией крупномасштабного производства антибиотиков стала развиваться микробиологическая промышленность. Антибиотики нашли широкое применение не только в медицине, но и в сельском хозяйстве для лечения животных и растений, в качестве биодобавок в корма. Были созданы высокоэффективные формы микроорганизмов с помощью мутаций. Возникли предприятия, на которых с помощью микроорганизмов производились аминокислоты, витамины, органические кислоты, ферменты. В конце 60-х годов получила развитие технология иммобилизованных ферментов.

3 этап (с середины 70-х годов XX века) - ознаменовался развитием биотехнологии в различных направлениях с помощью методов генной и клеточной инженерии. Формальной датой рождения современной биотехнологии считается 1972г., когда была создана первая рекомбинативная (гибридная) ДНК, путем встраивания в нее чужеродных генов. До этого момента использовались, главным образом, физические и химические мутагены с целью создания форм микроорганизмов, синтезирующих ценные для человека вещества в 5 - 10 раз интенсивнее, по сравнению с исходными штаммами.

Новейшая сельскохозяйственная биотехнология и биоинженерия — это наука о генно-инженерных и клеточных методах и технологиях создания и использования генетически трансформированных (модифицированных) растений, животных и микроорганизмов в целях расширения их разнообразия, интенсификации производства и получения новых видов продуктов различного назначения.

В традиционном, классическом смысле биотехнологию можно определить как науку о методах и технологиях производства, транспортировки, хранения и переработки сельскохозяйственной и другой продукции с использованием

обычных, нетрансгенных (природных и селекционных) растений, животных и микроорганизмов, в естественных и искусственных условиях.

Высшим достижением новейшей биотехнологии является генетическая трансформация, перенос чужеродных (природных или искусственно созданных) донорских генов в клетки-реципиенты растений, животных и микроорганизмов, получение трансгенных организмов с новыми или усиленными прежними свойствами и признаками. По своим целям и возможностям это направление является стратегическим. Оно позволяет решать принципиально новые задачи по созданию растений, животных и микроорганизмов с повышенной устойчивостью к стрессовым факторам среды, высокой продуктивностью и качеством продукции, по оздоровлению экологической обстановки в природе и всех отраслях производства.

Мощный всплеск исследований по биотехнологии в мировой науке произошел в 80-е годы, когда новые методологические и методические подходы обеспечили переход к эффективному их использованию в науке и практике и возникла реальная возможность извлечь из этого большой экономический эффект. В нашей стране значительное расширение научно-исследовательских биотехнологических и биоинженерных работ и внедрение их результатов в производство также было достигнуто в 80-е годы. В этот период в стране была разработана и активно осуществлялась первая государственная программа по биотехнологии, создано 15 биотехнологических центров в АПК, подготовлены квалифицированные кадры специалистов-биотехнологов, организованы биотехнологические институты, лаборатории и кафедры в селекционных центрах, отраслевых и зональных научно-исследовательских учреждениях и вузах.

Наибольших результатов в области сельскохозяйственной биотехнологии в эти годы достигли научные учреждения и учебные заведения селекционного, ветеринарного и микробиологического профилей, разработавшие методы и технологии получения новых линий и форм растений, медицинских препаратов профилактического и терапевтического действия, а также штаммов микроорганизмов, вакцин и других лечебных препаратов на генно-инженерной основе. В эти же годы были организованы лаборатории по трансплантации оплодотворенных зигот и эмбрионов в животноводстве, созданию новых линий скота и птицы генно-инженерными методами.

Основные биологические объекты и методы биотехнологии

Биологические объекты биотехнологии

Биотехнологические объекты находятся на разных ступенях организации:

- а) субклеточные структуры (вирусы, плазмиды, ДНК митохондрий и хлоропластов, ядерная ДНК);
- б) бактерии и цианобактерии;
- в) грибы;
- г) водоросли;
- д) простейшие;
- е) культуры клеток растений и животных;

ж) растения – низшие (анабена-азолла) и высшие – рясковые.

Главным объектом биотехнологического процесса является *клетка*. В ней синтезируется целевой продукт. По сути, клетка представляет собой миниатюрный химический завод, где ежеминутно синтезируются сотни сложнейших соединений.

В клетке протекают все физиологические процессы как у одноклеточных, так и у многоклеточных организмов. Рост и размножение организмов также связаны с образованием новых клеток, которое зависит от происходящих в них биохимических процессов, называемых обменом веществ или метаболизмом.

Существует два основных типа клеточного строения, которые отличаются друг от друга рядом фундаментальных признаков. Это *эукариотические* и *прокариотические* клетки. Микроорганизмов, имеющих истинное ядро, называют эукариотами (эу - от греческого - истинный, карิโอ - ядро). Микроорганизмы с примитивным ядерным аппаратом относятся к прокариотам (до ядерным).

Среди микроорганизмов к *прокариотам* относятся бактерии, актиномицеты и сине-зеленые водоросли (цианобактерии), простейшие (жгутиконосцы, инфузории и др.). Прокариотические клетки устроены просто. В них нет четкой границы между ядром и цитоплазмой, отсутствует ядерная мембрана. ДНК в этих клетках не образует структур, похожих на хромосомы эукариот. У прокариот не происходят процессы митоза и мейоза. Большинство прокариот не образует внутриклеточных органелл, ограниченных мембранами, нет митохондрий и хлоропластов. У прокариот не происходят процессы митоза и мейоза. Они размножаются чаще простым делением клетки.

К *эукариотам* относятся водоросли (зеленые, бурые, красные), микомицеты (слизевики), низшие грибы - микромицеты (включая дрожжи).

В эукариотической клетке имеется ядро, отделенное от окружающей его цитоплазмы двухслойной ядерной мембраной с порами. В ядре находятся 1-2 ядрышка - центры синтеза рибосомальной РНК и хромосомы - основные носители наследственной информации, состоящие из ДНК и белка. При делении хромосомы распределяются между дочерними клетками в результате сложных процессов - митоза и мейоза. Цитоплазма эукариот содержит митохондрии, а у фотосинтезирующих организмов и хлоропласта. Цитоплазматическая мембрана, окружающая клетку, переходит внутри цитоплазмы в эндоплазматическую сеть; имеется также мембранная органелла - аппарат Гольджи.

Основа современного биотехнологического производства - синтез различных веществ с помощью клеток микроорганизмов. Клетки высших растений и животных еще не нашли широкого применения, ввиду их высокой требовательности к условиям культивирования поэтому применяются клетки микроорганизмов. Большинство микроорганизмов - одноклеточные существа.

Микроорганизмов, синтезирующих продукты или осуществляющих реакции, полезные для человека, несколько сотен видов.

1. Бактерии. Биотехнологические функции бактерий разнообразны. Бактерии используются при производстве: - пищевых продуктов, например, уксуса (*Gluconobacter suboxidans*), молочнокислых напитков (*Lactobacillus*, *Leuconostoc*) и др.; - микробных инсектицидов (*Bacillus thuringiensis*); - белка (*Methylomonas*); - витаминов (*Clostridium* - рибофлавин); - растворителей и органических кислот; - биогаза и фотоводорода.

Полезные бактерии относятся к эубактериям. Уксуснокислые бактерии, представленные родами *Gluconobacter* и *Acetobacter*, - это грамотрицательные бактерии, превращающие этанол в уксусную кислоту, а уксусную кислоту в углекислый газ и воду. Анаэробные, образующие споры бактерии представлены родом *Clostridium*. *C. acetobutylicum* сбраживает сахара в ацетон, этанол, изопропанол и n-бутанол (ацетобутаноловое брожение), другие виды могут также сбраживать крахмал, пектин и различные азотсодержащие соединения.

К молочнокислым бактериям относятся представители родов *Lactobacillus*, *Leuconostoc* и *Streptococcus*, которые не образуют спор, грамположительны и нечувствительны к кислороду. Молочнокислые бактерии рода *Leuconostoc* превращают углеводы в молочную кислоту, этанол и углекислый газ. Молочнокислые бактерии рода *Streptococcus* продуцируют только молочную кислоту, а брожение, осуществляемое представителями рода *Lactobacillus*, позволяет получить наряду с молочной кислотой ряд разнообразных продуктов.

Широко используется такое свойство некоторых бактерий, как *дiazотрофность*, то есть способность к фиксации атмосферного азота. Микробные клетки используют для трансформации веществ. Бактерии также широко используются в генноинженерных манипуляциях при создании геномных клонотек, введении генов в растительные клетки (агробактерии).

Производственные штаммы микроорганизмов должны соответствовать определенным требованиям: способность к росту на дешевых питательных средах, высокая скорость роста и образования целевого продукта, минимальное образование побочных продуктов, стабильность продуцента в отношении производственных свойств, безвредность продуцента и целевого продукта для человека и окружающей среды. В связи с этим все микроорганизмы, используемые в промышленности, проходят длительные испытания на безвредность для людей, животных и окружающей среды. Важным свойством продуцента является устойчивость к инфекции, что важно для поддержания стерильности, и фагоустойчивость.

Цианобактерии обладают способностью к азотфиксации, что делает их весьма перспективными продуцентами белка. Такие представители цианобактерий, как носток, триходесмиум съедобны и непосредственно употребляются в пищу. Носток образует на бесплодных землях корочки, которые разбухают при увлажнении. В Японии местное население использует в пищу пласты ностока, образующиеся на склонах вулкана и называет их ячменным хлебом Тенгу.

Отечественная фармацевтическая промышленность выпускает препарат «Сплат» на основе цианобактерии *Spirulina platensis*. Он содержит комплекс витаминов и микроэлементов и применяется как общеукрепляющее и иммуностимулирующее средство.

2. Водоросли. Водоросли используются, в основном, для получения белка. Весьма перспективны в этом отношении и культуры одноклеточных водорослей, в частности высокопродуктивных штаммов рода *Chlorella* и *Scenedesmus*. Их биомасса после соответствующей обработки используется в качестве добавки к рационам скота, а также в пищевых целях. Одноклеточные водоросли выращивают в условиях мягкого теплого климата (Средняя Азия, Крым) в открытых бассейнах со специальной питательной средой. К примеру, за теплый период года (6—8 месяцев) можно получить 50—60 т биомассы хлореллы с 1 га, тогда как одна из самых высокопродуктивных трав — люцерна дает с той же площади только 15—20 т урожая. Хлорелла содержит около 50 % белка, а люцерна — лишь 18 %. В целом в пересчете на 1 га хлорелла образует 20—30 т чистого белка, а люцерна — 2—3,5 т. Кроме того, хлорелла содержит 40 % углеводов, 7—10 % жиров, витамины А (в 20 раз больше), В2, К, РР и многие микроэлементы.

В пищу употребляют не менее 100 видов макрофитных водорослей как в странах Европы и Америки, так и особенно на Востоке. Из них готовят много разнообразных блюд, в том числе диетических, салатов, приправ. Их подают в виде засахаренных кусочков, своеобразных конфет, из них варят варенье, делают желе, добавки к тесту и многое другое.

Анабена (*Anabaena*) - нитчатая сине-зеленая водоросль в цитоплазме клеток откладывается близкий к гликогену запасной продукт - анабенин.

Еще ацтеки собирали с поверхности озер и употребляли в пищу слизистую массу сине-зеленой водоросли спирулины. Население района озера Чад давно употребляет в пищу спирулину (*Spirulina platensis*), называя этот продукт «дихе». Другое место, откуда начала распространяться спирулина, но иного вида (*Spirulina maxima*) — воды озера Тескоко в Мексике. Анализ образцов *Spirulina* показал, что в ней содержится 65% белков (больше, чем в соевых бобах), 19% углеводов, 6% пигментов, 4% липидов, 3% волокон и 3% золы. Для белков этой водоросли характерно сбалансированное содержание аминокислот. Клеточная стенка этой водоросли хорошо переваривается. Спирулину можно культивировать в открытых прудах или, как в Италии, в замкнутой системе из полиэтиленовых труб. Урожайность очень высокая: получают до 20 г сухой массы водоросли с 1 м² в день, а расчеты на год показали, что она превысит выход пшеницы примерно в 10 раз.

В целом ряде стран водоросли используют как весьма полезную витаминную добавку к кормам для сельскохозяйственных животных. Их прибавляют к сену или дают как самостоятельный корм для коров, лошадей, овец, коз, домашней птицы во Франции, Шотландии, Швеции, Норвегии, Исландии, Японии, Америке, Дании и на нашем Севере. Животным скармливают в виде добавки также биомассу выращиваемых микроводорослей (хлорелла, сценедесмус, дуналиелла и др.).

Наряду с кормами водоросли давно применяют в сельском хозяйстве в качестве удобрений. Биомасса обогащает почву фосфором, калием, йодом и значительным количеством микроэлементов, пополняет также ее бактериальную, в том числе азотфиксирующую, микрофлору. При этом в почве водоросли разлагаются быстрее, чем навозные удобрения, и не засоряют ее семенами сорняков, личинками вредных насекомых, спорами фитопатогенных грибов.

Одним из самых ценных продуктов, получаемых из красных водорослей, является агар — полисахарид, присутствующий в их оболочках и состоящий из агарозы и агаропектина.

Бурые водоросли являются единственным источником получения одних из самых ценных веществ водорослей — солей альгиновой кислоты, альгинатов.

Альгинаты исключительно широко применяются в народном хозяйстве. Это изготовление высококачественных смазок для трущихся деталей машин, медицинские и парфюмерные мази и кремы, синтетические волокна и пластики, стойкие к любой погоде лакокрасочные покрытия, не выцветающие со временем ткани, производство шелка, клеящих веществ исключительно сильного действия, строительных материалов, пищевые продукты отличного качества — фруктовые соки, консервы, мороженое, стабилизаторы растворов, брикетирование топлива, литейное производство и многое другое. Альгинат натрия — наиболее используемое соединение — способен поглощать до 300 весовых единиц воды, образуя при этом вязкие растворы.

3. Грибы. Биотехнологические функции грибов разнообразны. Их используют для получения таких продуктов, как: антибиотики (пенициллы, цефалоспорины); гиббереллины и цитокинины (фузариум и ботритис); каротиноиды (натуральный краситель, придающий мякоти лососевых рыб красно-оранжевый оттенок, добавляют в корм на рыбозаводах); белок (*Candida*, *Saccharomyces lipolytica*); сыры типа рокфор и камамбер (пенициллы); соевый соус (*Aspergillus oryzae*). К грибам относятся дрожжи и плесени.

В биотехнологии используют около 500 известных видов дрожжей. Дрожжи активно используют для культивирования.

К дрожжам, сбраживающим лактозу, относится *Kluuyveromyces fragilis*, который используют для получения спирта из сыворотки. *Saccharomycopsis lipolytica* деградирует углеводороды и употребляется для получения белковой массы. *Trichosporon cutaneum*, окисляющий многочисленные органические соединения, включая некоторые токсичные (например, фенол), играет важную роль в системах аэробной переработки стоков.

Плесени вызывают многочисленные превращения в твердых средах, которые происходят перед брожением. Их наличием объясняется гидролиз рисового крахмала при производстве сакэ и гидролиз соевых бобов, риса и солода при получении пищи, употребляемой в азиатских странах. Пищевые продукты на основе сброженных плесневыми грибами *Rhizopus oligosporus* соевых бобов или пшеницы содержат в 5 - 7 раз больше таких витаминов, как

рибофлавин, никотиновая кислота и отличаются повышенным в несколько раз содержанием белка. Плесени также продуцируют ферменты, используемые в промышленности (амилазы, пектиназы и т.д.), органические кислоты и антибиотики. Их применяют и в производстве сыров, например, камамбера и рокфора.

Искусственное выращивание грибов способно внести и иной, не менее важный вклад в дело обеспечения продовольствием возрастающего населения земного шара. Люди употребляют грибы в пищу с глубокой древности. Поэтому сделать грибы такой же управляемой сельскохозяйственной культурой, как зерновые злаки, овощи, фрукты, давно уже стало актуальной задачей. Наиболее легко поддаются искусственному выращиванию древоразрушающие грибы. Это связано с особенностями их биологии, которые стали нам известны и понятны только сейчас. Их способность легко расти и плодоносить использовали с древнейших времен.

Искусственное разведение древоразрушающих грибов получило довольно широкое распространение. Мицелий съедобных грибов можно выращивают на жидких средах, например на молочной сыворотке и др., в специальных ферментерах, в так называемой глубинной культуре. Это полностью механизированный и автоматизированный процесс. Разработаны и апробированы в опытном производстве способы получения белковых грибных препаратов даедалина и пантегрин из мицелия древоразрушающих грибов с высоким содержанием белка и биологически активных веществ. По содержанию белка 1 кг этих препаратов эквивалентен 2 кг мяса. По биологической ценности белок этих препаратов не уступает растительным и приближается к животным белкам. Перевариваемость белков данных препаратов составляет свыше 80 %. В основе этого способа получения пищевого белка лежат полученные микологами данные о том, что плодовые тела грибов и их грибница близки по своему химическому составу и пищевой ценности.

4. Простейшие относятся к числу нетрадиционных объектов биотехнологии. До недавнего времени они использовались лишь как компонент активного ила при биологической очистке сточных вод. В настоящее время они привлекли внимание исследователей как продуценты биологически активных веществ. В этом качестве рациональнее использовать свободноживущих простейших, обладающих разнообразными биосинтетическими возможностями и потому широко распространенными в природе.

Особую экологическую нишу занимают простейшие, обитающие в рубце жвачных животных. Они обладают ферментом целлюлазой, способствующей разложению клетчатки в желудке жвачных. Простейшие рубца могут быть источником этого ценного фермента.

Другой группой биологически активных веществ простейших являются полисахариды.

Разнообразие полисахаридов, синтезируемых простейшими, достаточно велико. Особый интерес представляют полисахариды - стимуляторы иммунной системы млекопитающих.

Биомасса простейших содержит до 50% белка. Его высокая биологическая ценность заключается в том, что он содержит все незаменимые аминокислоты, причем содержание свободных аминокислот на порядок выше, чем в биомассе микроводорослей, бактерий и в мясе. Это свидетельствует о широких возможностях применения свободноживущих простейших в качестве источника кормового белка.

Подбор форм микроорганизмов с заданными свойствами необходимыми для культивирования

Подбор необходимых для культивирования форм микроорганизмов с заданными свойствами включает несколько этапов.

1. Выделение микроорганизмов. Отбираются пробы из мест обитания микроорганизмов (почва, растительные остатки и т.д.). Применительно к углеводородокисляющим микроорганизмам таким местом может быть почва возле бензоколонок, винные дрожжи обильно встречаются на винограде, анаэробные целлюлозаразлагающие и метанобразующие микроорганизмы в больших количествах обитают в рубце жвачных животных.

2. Получение накопительных культур. Образцы вносят в жидкие питательные среды специального состава, создают благоприятные условия для развития продуцента (температура, РН, источники энергии, углерода, азота и т.д.).

Например, для накопления продуцента холестериноксидазы используют среды с холестерином в качестве единственного источника углерода; углеводородокисляющих микроорганизмов - среды с парафинами; продуцентов протеолитических или липолитических ферментов - среды, содержащие белки или липиды.

3. Выделение чистых культур. На плотные питательные среды засевают образцы проб из накопительных культур. Отдельные клетки микроорганизмов на плотных питательных средах образуют изолированные колонии или клоны, при их пересеве получают чистые культуры, состоящие из клеток одного вида продуцента.

Клон - культура, полученная из одной клетки, чистая культура - совокупность особей одного вида микроорганизмов, штаммы - культуры, выделенные из различных природных сред или из одной среды в разное время.

4. Определение способности синтезировать целевой продукт - главный критерий при отборе продуцентов. Микроорганизмы должны соответствовать следующим требованиям:

1. обладать высокой скоростью роста;
2. использовать для жизнедеятельности дешевые субстраты;
3. быть устойчивыми к заражению посторонней микрофлорой.

Одноклеточные организмы характеризуются более высокими скоростями синтетических процессов, чем высшие растения и животные. Пример, корова массой 500 кг в течение одних суток синтезирует около 0,5 кг белка. Такое же количество белка за одни сутки можно получить с помощью 5 г дрожжей. Интерес представляют фотосинтезирующие микроорганизмы, использующие энергию света, способные к усвоению атмосферного азота. Выгодны термофильные микроорганизмы. Их использование снижает дополнительные затраты на стерилизацию промышленного оборудования. Скорость роста и обмен веществ у этих организмов в 1,5-2 раза выше, чем у мезофилов. Синтезирующие ими ферменты устойчивы к нагреванию, действию кислот, органических растворителей.

Методы биотехнологии

К основным методам современной биотехнологии относятся микробиологический синтез, клеточная и генетическая инженерия.

Микробиологическим синтезом называется синтез самых разнообразных веществ с помощью микроорганизмов. В настоящее время микроорганизмы применяют в различных высоких технологиях: для производства антибиотиков, кормового белка и аминокислот, биологически активных соединений (витаминов, гормонов, ферментов, стимуляторов роста) и т. д. Превращение одних веществ в другие с помощью микроорганизмов называется **биоконверсией**. При микробиологическом синтезе исходным сырьем служат разнообразные источники углерода (природные углеводороды, органические отходы), минеральные соли и атмосферный азот. В качестве микроорганизмов используют прокариоты (бактерии, актиномицеты) и грибы.

Генетическая инженерия – направленная модификация биообъектов в результате введения искусственно созданных генетических программ.

Уровни генетической инженерии:

1. генная – прямое манипулирование рекомбинантными ДНК, включающими отдельные гены;
2. хромосомная – манипулирование с группами генов или отдельными хромосомами.

Работа в области генетической инженерии включает 4 этапа: 1) получение нужного гена; 2) встраивание его в вектор, способный к репликации; 3) введение гена с помощью вектора в организм; 4) питание и селекция клеток, которые приобрели желаемый ген.

Генетическая инженерия высших растений осуществляется на клеточном, тканевом и организменном уровне.

Клеточная инженерия – перенос всего или большей части генетического материала от одной клетки к другой (клеточная инженерия).

Основой клеточной инженерии является гибридизация соматических клеток – слияние неполовых клеток с образованием единого целого. Слияние клеток может быть полным или с введением их отдельных частей (митохондрий, хлоропластов и т.д.).

Соматическая гибридизация позволяет скрещивать генетически отдаленные организмы.

Применяя методы генетической и клеточной инженерии, современная биотехнология осуществляет широкое конструирование генетически модифицированных организмов (ГМО), в том числе микроорганизмов, растений и животных. В дальнейшем предполагается использование ГМО в природных условиях (в сельском хозяйстве, рыбоводстве, для биологической борьбы с вредителями сельского и лесного хозяйства и т. д.). Однако перед генетической инженерией стоит ряд этических и технологических проблем. При выпуске ГМО в окружающую среду они могут взаимодействовать с разнообразными организмами, сообществами и экосистемами конкретных территорий, в то время как процесс и исход таких взаимодействий не всегда поддается прогнозированию. В частности, существует опасность внедрения «искусственных генов» в геном природных организмов в результате скрещивания ГМО и «диких» форм. Из-за возможных непредсказуемых последствий необходимы исследования, направленные на изучение биобезопасности ГМО.

Способы и системы культивирования микроорганизмов

1. Способы культивирования микроорганизмов

Биореактор, ферментер или ферментатор - это закрытая или открытая емкость, в которой при определенных условиях (давление, температура, концентрация сухих веществ, pH среды и т.д.) протекает на клеточном или молекулярном уровне контролируемая реакция, осуществляемая с помощью микроорганизмов.

Биотехнологические процессы воспроизводства микроорганизмов могут быть основаны на **периодическом** или **непрерывном культивировании**.

Периодический процесс культивирования включает в себя ряд этапов: 1) стерилизацию сред, биореакторов и вспомогательного оборудования; 2) загрузку аппарата питательной средой; 3) внесение посевного материала (клеток, спор); 4) рост культуры, который может совпадать во времени со следующим этапом или предшествовать ему; 5) синтез целевого продукта; 6) отделение и очистку готового продукта. По окончании последнего этапа проводится мойка биореактора и его подготовка к новому циклу.

Этап роста культуры (4) включает несколько фаз: а) лаг-фазу - сравнительно медленный рост внесенной культуры, осваивающей новую среду обитания в объеме биореактора; б) экспоненциальную фазу - бурное деление клеток, сбалансированный рост культуры; в) фазу замедленного роста, связанного с истощением питательных субстратов и накоплением токсических продуктов метаболизма; г) стационарную фазу - прирост клеток равен их убыли; д) фазу отмирания - постепенное снижение числа жизнеспособных клеток.

Биотехнологически ценные продукты синтезируются в экспоненциальную фазу (нуклеотиды, многие ферменты, витамины - так называемые первичные

метаболиты) или в стационарную фазу роста (антибиотики, красящие вещества и т.д. — так называемые вторичные метаболиты или идиолиты).

Разновидностью периодического способа культивирования является **периодическое культивирование с подпиткой**: когда помимо внесения питательного субстрата в реактор до введения в него биообъекта, в процессе культивирования в аппарат добавляют питательные вещества через определенные промежутки времени порциями или непрерывно «по каплям». Иногда дополнительно вносят биообъект.

Существует также **отъемнодоливочное культивирование**, когда часть объема из биореактора время от времени изымается при добавлении эквивалентного объема среды. Это приводит к регулярному омолаживанию культуры и к задержке ее перехода к фазе отмирания. Такой режим культивирования в значительной мере уподобляется непрерывному процессу, поэтому называется также **полунепрерывным культивированием**.

При непрерывном способе культивирования биообъект постоянно поддерживается в экспоненциальной фазе роста. Для этого обеспечивается непрерывный приток свежей питательной среды в биореактор и отток из него культуральной жидкости, содержащей клетки и продукты их жизнедеятельности. Фундаментальным принципом непрерывных процессов служит равновесие между приростом биомассы за счет деления клеток и их убылью в результате разбавления свежей средой.

Культивирование также может быть **глубинным** или **поверхностным**.

Глубинный способ культивирования заключается в выращивании микроорганизмов в жидкой питательной среде. Он технически более совершенен, чем поверхностный, так как легко поддается механизации и автоматизации.

Весь процесс должен проводиться в строго асептических условиях, что с одной стороны, является преимуществом метода, а с другой - составляет наибольшую техническую трудность, т.к. нарушение асептики часто приводит к прекращению образования фермента.

При поверхностном способе культивирования продуцентов культура растет на поверхности твердой увлажненной питательной среды. Мицелий полностью обволакивает и прочно скрепляет твердые частицы, клетки получают питание за счет содержащихся в этих средах веществ и используют для дыхания кислород воздуха, поэтому для их нормального обеспечения кислородом приходится применять рыхлые по своей структуре среды с небольшой высотой слоя.

Недостатком метода является необходимость больших площадей для выращивания. Выращивание производственной культуры происходит обычно в неасептических условиях.

Главное преимущество поверхностного метода - более высокая конечная концентрация фермента на единицу массы среды. Например, для осахаривания 100 кг крахмала в спиртовом производстве требуется 5 кг поверхностной культуры плесневых грибов или около 100 кг культуральной жидкости. Поверхностные культуры можно быстро и легко высушить, их легко перевести

в товарную форму и транспортировать. Меньше потребность электроэнергии по сравнению с глубинным методом.

2. Системы культивирования микроорганизмов

Культивирование микроорганизмов может осуществляться в **открытой** или **закрытой** системе.

Система называется **закрытой**, если ни одна составная часть этой системы после начала процесса в биореакторе не вводится и не выводится. Например, когда в ферментер сначала подают все питательные вещества, водную фазу и посевной материал. Процесс идет в соответствии с кривой роста микроорганизмов с заключительным замиранием реакции, обусловленным недостатком субстрата, накоплением токсических метаболитов, неблагоприятным изменением физико-химических условий окружающей среды (рН, температура, парциальное давление кислорода, вязкость), гибелью и лизисом микроорганизмов. Во время культивирования все параметры непрерывно изменяются (смотри периодический способ культивирования).

Открытые системы работают в непрерывном потоке. В процессе реакции часть отработанной питательной среды из биореактора удаляют и добавляют новую, что обеспечивает непрерывность процесса. В единицу времени субстрата вводят не больше, чем может переработать культура. Регулирование осуществляют поддержанием концентрации биомассы или продукта на постоянном уровне путем изменения концентрации субстрата (турбидостат) или применения строго лимитированной концентрации питательных веществ с соответствующим изменением концентрации клеток или продукта (хемотрат) (смотри непрерывный способ культивирования).

3. Выделение целевого (готового) продукта

Это завершающая стадия биотехнологического процесса. Продукт может накапливаться в клетке или выделяться в культуральную жидкость. Наиболее сложно выделение продукта, накапливающегося в клетках. Для этого клетки необходимо отделить от культуральной жидкости, разрушить, затем целевой продукт очистить от массы компонентов разрушенных клеток.

Первым этапом на пути к очистке целевого продукта является отделение биомассы клеток от культуральной жидкости - **сепарация**.

Виды сепарации: **1. Флотация**. Если клетки продуцента в биореакторе из-за низкой смачиваемости накапливаются в поверхностных слоях жидкости, то жидкость предварительно вспенивают, затем отделяют ее верхний слой с клетками. Флотаторы различных конструкций сцеживают, откачивают или соскребают пену, состоящую из пузырьков газа с прилипшими к ним клетками.

2. Фильтрация - задержание биомассы на пористой фильтрующей перегородке. Применяют фильтры однократного или многократного использования: барабанные, дисковые, ленточные, тарельчатые, карусельные, вакуум-фильтры, фильтр-прессы различных конструкций, мембранные фильтры. Диаметр пор может превышать размеры клеток. Иногда биомассу

сдувают с поверхности фильтра сжатым воздухом или срезают специальным ножом.

3. Центрифугирование - осаждение взвешенных в жидкости частиц с применением центробежной силы. Требует более дорогостоящего оборудования, чем фильтрование.

Центрифугирование и фильтрация иногда реализуются в комбинации, в фильтрационных центрифугах. Перспективны для осаждения биомассы центрифуги-сепараторы, в которых биомасса оседает на стенках вращаемого цилиндра или на тарелках специальной тарельчатой вставки.

Вторым этапом при получении продукта, накапливающегося в клетках, является разрушение клеток, которое проводят физическим, химическим и химико-ферментативным методами.

Физическое разрушение проводят ультразвуком, с помощью вращающихся лопастей или вибраторов, встряхиванием со стеклянными бусами, продавливанием под высоким давлением через узкое отверстие, раздавливанием замороженной массы, растиранием в струнке, осмотическим шоком, замораживанием - оттаиванием, сжатием с последующим резким снижением давления. Этим способам разрушения клеток присуща определенная неизбирательность: обработка может отрицательно влиять на качество получаемого продукта. Физические методы позволяют целенаправленно выделять какую-либо одну фракцию внутриклеточного содержимого.

Химическое и химико-ферментативное разрушение клеток избирательно, но не всегда пригодно. Его проводят обработкой клеток толуолом или бутанолом при промышленном получении дрожжевого автолизата и ряда ферментов. Эффективный лизис клеток вызывают антибиотики полимиксины, тироцидины, новобиоцин, нистатин и другие, некоторые поверхностно-активные вещества, а также глицин.

Разрушенные клеточные стенки отделяют методами сепарации. В большинстве биотехнологических процессов клеточные стенки отбрасывают как балласт, но возможно и промышленное получение компонентов клеточных стенок как целевого продукта.

Третий этап - выделение целевого продукта из культуральной жидкости проводят путем его осаждения, экстракции или адсорбции.

1. Осаждение растворенных веществ возможно физическими (нагревание, охлаждение, разбавление или концентрирование раствора) или химическими методами, переводящими отделяемый продукт в малорастворимое состояние. Так, пенициллин переводят в кристаллический осадок в присутствии соединений калия или натрия. Белки осаждают добавлением сульфата аммония, органических растворителей (этанола, ацетона). Нуклеиновые кислоты осаждают с помощью полииминов, основные группы которых вступают во взаимодействие с их фосфатными группами.

2. Экстракция извлечение продукта из твердого (**твердо-жидкофазная**) или жидкого (**жидко-жидкофазная**) образца. К твердо-жидкофазной экстракции относится обливание образца водой с целью

извлечения из него растворимых веществ, например солей металлов из руд, подвергнутых бактериальной обработке, или растворимых продуктов из массы субстрата (соломы и т.д.) при твердофазном культивировании.

Жидко-жидкофазная экстракция - добавление органических растворителей для извлечения из культуральной жидкости антибиотиков, витаминов, каротиноидов, липидов, некоторых гидрофобных белков.

Полностью избежать нагревания, губительного для многих ценных веществ, позволяют методы **холодовой экстракции (криоэкстракции)**. Она как бы нивелирует различие между твердым субстратом и культуральной жидкостью, поскольку и то и другое находится в замороженном состоянии. Кристоэкстракция осуществляется растворителями, кипящими при низких температурах и находящимися при комнатной температуре в газообразном состоянии.

3. Адсорбция - частный случай экстракции, при котором экстрагирующим веществом из жидкой или газовой фазы является твердое тело. Хорошими адсорбентами являются древесный уголь, глины с развитой пористой поверхностью. Путем адсорбции из культуральной жидкости выделяют антибиотики и витамины.

К современным методам разделения веществ, основанным на принципах экстракции и адсорбции, относятся хроматография, электрофорез, изотахофорез, электрофокусировка.

Четвертый этап - концентрирование, обезвоживание, модификация и стабилизация продукта

Концентрирование продукта проводят методами обратного осмоса, ультрафильтрации, выпаривания.

Ультрафильтрация - отделение веществ с помощью мембранных фильтров.

Наиболее древний метод - выпаривание. Его недостаток состоит в необходимости нагревания, которое проводят при низком давлении. Используют вакуум-выпарные аппараты. Нагревающим агентом чаще всего служит водяной пар, хотя используют также обогрев жидким теплоносителем или электрообогрев.

Обезвоживание продукта - сушка на подносах, на ленточном конвейере с подогревом, подачей газообразного нагревательного агента (воздух, CO₂, дымовые или топочные газы и др.) в сушильный аппарат, в вакуум - сушильных шкафах, в барабанных и распылительных сушилках.

Модификация продукта - перестройка полученных соединений животного, растительного или микробного происхождения с целью придания им специфических свойств, необходимых человеку. Химическая модификация необходима в тех случаях, когда биотехнологический процесс дает лишь «заготовку» целевого продукта.

Стабилизация продукта направлена на сохранение свойств продукта в период его хранения и использования потребителем (добавление наполнителей, модификация и др.). Включает физико-химические воздействия на продукт Сушка повышает устойчивость продукта к внешним

воздействиям. Обезвоживание ферментов вызывает их устойчивость к нагреванию.

Охрана окружающей среды на предприятиях микробиологической промышленности

1. Экологическая доктрина Российской Федерации

Дальнейшая деградация природных систем ведет к дестабилизации биосферы, утрате ее целостности и способности поддерживать качество окружающей среды, необходимое для жизни людей. Преодоление кризиса возможно только на основе формирования нового типа взаимоотношений человека и природы, исключающих возможность разрушения и деградации природной среды. Ее сохранение и восстановление должно быть одним из приоритетных направлений деятельности государства и общества.

В Экологической доктрине определены основные факторы деградации природной среды на мировом уровне и в Российской Федерации. К важнейшим факторам мирового уровня относятся: рост потребления природных ресурсов при сокращении их запасов; увеличение численности населения планеты Земля при сокращении территорий, пригодных для проживания людей; возможное изменение климата и истощение озонового слоя земли; возрастание экологического ущерба от стихийных бедствий и техногенных катастроф; продолжающиеся военные конфликты и террористические акты.

К числу основных факторов деградации природной среды Российской Федерации относятся: преобладание ресурсодобывающих и ресурсосодержащих секторов в структуре экономики; низкая эффективность природопользования и охраны окружающей среды; резкое ослабление управленческих и прежде всего контрольных функций государства в области природопользования и охраны окружающей среды; высокая доля теневой экономики в использовании природных ресурсов; низкие технологический и организационный уровни экономики, высокая степень износа основных фондов; последствия экономического кризиса и невысокий уровень жизни людей; низкий уровень экологического сознания и экологической культуры населения страны.

2. Очистка сточных вод

В процессе получения продуктов микробиологического синтеза потребляется большое количество воды, которая загрязняется вредными микроорганизмами, минеральными и органическими компонентами. Загрязняющие вещества находятся в растворенном и нерастворенном состояниях. С целью предотвращения вредного влияния сточных вод на состояние водоемов в нашей стране действуют «Правила охраны поверхностных вод». Очищенные сточные воды не должны содержать возбудителей заболеваний, а также запахов и привкусов, способных передаться рыбе. В сточных водах ограничивается содержание окисляемых микроорганизмами токсических веществ и взвешенных частиц.

Из общего количества органических веществ, содержащихся в исходных, питательных средах, в процессе производства используется 75-80%, остальное уходит с отработанными сточными водами.

Промышленные стоки. В производственных процессах получения белковых препаратов аминокислот, липидов и биотоплива промышленные стоки делятся на условно чистые и загрязненные.

К условно чистым относятся воды, прошедшие теплообменные аппараты, в них не происходит изменения состава, а только температуры. Остальные производственные стоки относятся к загрязненным. Загрязненные промышленные стоки характеризуются присутствием органических и неорганических веществ.

В большинстве случаев на заводах по производству кормовых дрожжей, аминокислот, липидов и биотоплива количество загрязнений в 1,5-2 раза превышает нормально допустимые величины. Качественный состав и загрязненность сточных вод. Основным загрязнителем при производстве кормовых дрожжей и липидов является культуральная жидкость после отделения дрожжей. На нее приходится 30-35% общего объема стоков завода и 70-90% общего количества загрязнений. Качественный состав сточных вод изменяется в зависимости от перерабатываемого сырья, вида вырабатываемой продукции, технологических режимов работы, расхода свежей воды.

Сточные воды гидролизно-дрожжевых заводов имеют коричневый цвет, обусловленный присутствием в них гуминово-лигнинных веществ. Эти стоки отличаются большим содержанием органических веществ, часть которых составляют сахара и органические кислоты, в основном пентозы (ксилоза и арабиноза) и уксусная кислота. В стоках присутствуют и ядовитые примеси - фурфурол, оксиметилфурфурол, формальдегид, гуминово-лигнинные коллоидные вещества, терпены. Помимо них в стоках находятся в небольшом количестве азотистые и фосфорные соединения, а также продукты обмена веществ микроорганизмов - аминокислоты, янтарная, молочная и другие кислоты. Значительная загрязненность, повышенная кислотность и токсичность, высокое биохимическое потребление кислорода характерны для гидролизно-дрожжевых и дрожжевых заводов.

Сточные воды заводов по производству кормовых дрожжей на углеводородах нефти содержат остаточное количество н-парафинов. При работе по технологической схеме с рециркуляцией в них содержатся также повышенные количества ароматических углеводородов, накапливаемых при возврате отработанной культуральной жидкости в ферментер.

Объем и загрязненность сточных вод. Общее количество загрязненных промышленных стоков для дрожжевых заводов производительностью 80 тыс. т дрожжей в год составляет в среднем в зависимости от времени года 45-55 тыс. м³ в сутки. Основное количество загрязненных стоков составляет отработанная культуральная жидкость - 120-140 м³ на 1 т сухой массы дрожжей.

Количество взвешенных веществ в промышленных сточных водах обычно составляет 100-125 кг на 1 т сухой биомассы, из них только 25 кг приходится

на долю минеральных веществ. Основное количество минеральных веществ приходится на гипс, органических - на лигнин.

Снижения количества загрязнений можно достигнуть при внедрении новых технологических приемов и процессов, например при введении циклов повторного использования сточных вод, в частности использования отработанной культуральной жидкости на разбавление суслу перед выращиванием дрожжей с рециркуляцией на процесс гидролиза, на приготовление растворов питательных солей и известкового молока. В результате количество отработанной культуральной жидкости уменьшается вдвое.

Способы очистки сточных вод. После сброса очищенных сточных вод содержание взвешенных веществ в водоеме не должно увеличиваться более чем на $0,25-0,75 \text{ г/м}^3$, а содержание органических веществ (по БПК₂₀) не должно превышать $3-6 \text{ г/м}^3$ в водоемах для питьевого и культурно-бытового водопользования и 2 г/м^3 в водоемах рыбохозяйственного значения, в которых, кроме того, содержание растворенного кислорода не должно падать ниже $4-6 \text{ мг/л}$.

Способы очистки сточных вод разделяются на механические, физико-химические, биохимические, термические (тепловые).

1. Механическую очистку осуществляют в песколовках, отстойниках, центрифугах и фильтрах.

2. Физико-химические методы (коагуляция, электрокоагуляция и сорбция) применяют для очистки сточных вод от коллоидных и растворенных соединений, количество которых в воде после сооружений механической очистки остается практически неизменным.

В качестве коагулянтов наиболее широко используются сульфат алюминия и хлорид железа. При введении коагулянтов в воду они обволакивают взвешенные частицы, полностью меняя их поверхностные свойства и нейтрализуя заряд. Коагулянты вызывают укрупнение частиц загрязнений и образуют хлопья, которые выпадают в осадок.

Электрохимические методы очистки обладают рядом существенных преимуществ перед реагентными: не увеличивается солевой состав сточных вод, образуется меньшее количество осадка, упрощается технологическая схема очистки, обеспечивается автоматизация производственных установок, для размещения установок требуются незначительные производственные площади. Недостаток метода - высокие капитальные и эксплуатационные затраты на электродные системы и, образование отложений на них и возникновение взрывоопасных смесей газов. Электрокоагуляцию применяют для удаления из сточных вод тонко диспергированных примесей, для удаления истинно растворенных веществ этот метод не используется.

Очистка с помощью сорбентов. Сорбция - это процесс поглощения твердым телом или жидкостью какого-либо вещества из окружающей среды. В очистке сточных вод чаще используется ее разновидность - адсорбция - поглощение вещества из воды на поверхности или в объеме твердых тел (сорбентов). Сорбентами могут быть частицы углей, почвы и остатки

растений. Если солесодержащие сточные воды не допускается выпускать в водоем, то их подвергают термическому обезвреживанию.

3. Биохимическая очистка является одним из основных методов очистки сточных вод заводов микробиологической промышленности как перед сбросом их в водоем, так и перед повторным использованием в системах оборотного водоснабжения. Считается, что микроорганизмы способны окислять все органические вещества, за исключением тех искусственно синтезированных, которым нет аналогов в природе. Наименее доступными источниками углерода являются вещества, не содержащие атомов кислорода - это углеводороды, но они также расщепляются микроорганизмами активного ила.

Токсичными для микроорганизмов активного ила могут оказаться ионы тяжелых металлов и некоторые органические вещества. В концентрациях ниже ПДК последние могут усваиваться бактериями и служить источником углерода и энергии. Биологическую очистку проводят в аэротенках или в биоокислителях с интенсивной аэрацией среды. При этом снижается количество загрязнений, за счет окисления органических веществ при этом нарастает биомасса микроорганизмов. Очищенные и осветленные сточные воды поступают в водоем и на рециркуляцию в производство, а активный ил, являясь источником белка и витаминов, упаковывается в бумажные мешки и направляется к потребителю на корм животным.

Технологическая схема очистки сточных вод. Наиболее распространенная схема включает первичную и вторичную очистку. Первичная очистка заключается в механическом отделении загрязнений. Вторичная очистка предусматривает очистку сточных вод в системе очистных сооружений (биоокислителях), либо очистку сточных вод в естественных условиях на полях орошения.

Для повышения эффективности действия и снижения уровня загрязнений сточных вод вводится биокоагуляция (предварительная аэрация с добавлением ила из вторичных отстойников). Конструктивно предаэрактор представляет собой аэротенк- резервуар прямоугольной формы, в котором временно пребывает сточная вода (10-20 минут). При их использовании снижается количество органических веществ в стоках, поступающих на аэротенки, до 15%. Далее сточные воды поступают в первичные отстойники устанавливаются перед аэротенками, где вода пребывает 1-2 часа. В них накапливается избыточный активный ил, который потом извлекается насосами и подсушивается на иловых площадках до влажности 70-80%. Далее вода поступает в аэротенки.

Аэротенки предназначены для биологической очистки сточных вод, которые попадают в них после первичных отстойников. Работа аэротенков основана на использовании биохимического окисления органических веществ аэробными микроорганизмами, колонии которых образуют так называемый активный ил.

Аэротенк-смеситель представляет собой прямоугольный железобетонный резервуар, состоящий из одной или нескольких секций, с рабочей глубиной от

3 до 6 м. Секции разделены на коридоры, по которым проходит сточная вода. Время пребывания сточных вод в аэротенке зависит от скорости окисления и составляет 8-20 часов.

Далее вода поступает во вторичные радиальные отстойники служат для осаждения и осветления сточных вод после биологической очистки.

Затем воду направляют в биопруды. Продолжительность пребывания в них сточных вод может превышать 10 суток. Глубина прудов составляет 2-3 м. Они занимают большие площади. В биологических прудах развиваются одноклеточные водоросли, которые выделяют метаболиты, обладающие бактерицидным действием по отношению к патогенной микрофлоре. Аналогичные метаболиты выделяются и высшей водной растительностью. Поэтому летом вода, выходящая из биопрудов, не требует хлорирования.

2. Очистка газовоздушных выбросов

В условиях возрастающей технологической деятельности все большую остроту приобретает проблема борьбы с загрязнением воздушного бассейна. Основными загрязнителями атмосферы являются предприятия нефтеперерабатывающей, химической, пищевой и перерабатывающей промышленности, а также большие сельскохозяйственные комплексы, отстойники сточных вод, установки по обезвреживанию отходов. В воздухе крупных промышленных городов содержится огромное количество вредных веществ, а концентрация многих токсикантов превышает допустимые уровни. Это органические (ароматические и непредельные углеводороды, азот-, кислород-, серо- и галогенсодержащие соединения) и неорганические вещества (сернистый газ, сероуглерод, окислы углерода, аммиак, хлор, водород, галогены). В воздушных бассейнах больших промышленных городов присутствуют десятки различных соединений, в том числе дурнопахнущие, способные даже в незначительных концентрациях представлять угрозу для здоровья, а также вызывать у людей чувство дискомфорта.

Существуют различные методы очистки воздуха — физические, химические и биологические, однако уровень и масштабы их применения в настоящее время не столь широки.

Физические методы — это абсорбция примесей на активированном угле и других поглотителях, абсорбция жидкостями.

Химические методы — это озонирование, прокаливание, каталитическое дожигание и хлорирование воздуха.

Биологические методы очистки газовоздушных выбросов начали применять сравнительно недавно и пока в ограниченных масштабах. Они базируются на способности микроорганизмов разрушать в аэробных условиях большой спектр веществ и соединений до конечных продуктов CO_2 и H_2O . Широко известна способность микроорганизмов метаболизировать алифатические, ароматические, гетероциклические, ациклические и различные C1-соединения. Микроорганизмы утилизируют аммиак, окисляют сернистый газ, сероводород и диметилсульфоксид. Образующиеся сульфаты утилизируются другими микробными видами.

Для биологической очистки воздуха применяют три типа установок: биофильтры, биоскрубберы и биореакторы с омываемым слоем.

Принципиальная схема для биологической очистки воздуха впервые была предложена в 1940 г. Г. Прюссом. Первый биофильтр в Европе был построен в 1980 г. в Германии (ФРГ), а уже в 1984 г. в этой стране функционировало или находилось в стадии запуска около 240 установок.

Основным элементом биофильтра для очистки воздуха, как и водоочистного биофильтра, является фильтрующий слой, который сорбирует токсические вещества из воздуха. Далее эти вещества в растворенном виде диффундируют к микробным клеткам, включаются в них и подвергаются деструкции.