

УДК 663.15/67.08

*А. И. Бушковская, И. Богданов, П. А. Мосеев\**

**ПЕРЕРАБОТКА МИЦЕЛИАЛЬНЫХ ОТХОДОВ  
БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Для инновационного развития современной экономики одним из ключевых направлений является биотехнология, которая имеет большое значение для экономической модернизации и развития различных отраслей промышленности. В настоящее время более 80% биотехнологической продукции, потребляемой в России, является импортной (например, кормовые белки и ферментные препараты, антибиотики, органические кислоты и другие пищевые ингредиенты). При этом объемы потребления биотехнологической продукции остаются очень низкими по сравнению с другими странами. Согласно стратегии развития до 2020 года доля биоэкономики в ВВП должна составить около 1%, к 2030 году не менее 3%, что означает увеличение биотехнологических производств в ближайшее время [1].

Биотехнологические производства отличаются более низкой экологической нагрузкой в сравнении с химическими предприятиями, однако для них характерны специфические отходы в виде либо газовоздушных выбросов с биологическими частицами, либо значительных количеств биомассы. Так биотехнологические производства, использующие в качестве продуцентов микроскопические грибы, сталкиваются с проблемой утилизации мицелиальной биомассы. Например, в производстве антибиотиков тетрациклинового ряда с участием *Streptomyces aureofaciens*, при биосинтезе лимонной кислоты микомицетом *Aspergillus niger*, витамина В12, накапливаемым грибом *Nocardia rugosa*, при получении технических, очищенных ферментных препаратов.

Способы переработки мицелиальной биомассы по результатам выполненного обзора информационных источников можно разделить на три группы в зависимости от задействованных процессов – термохимический, физико-химический и биохимический.

К термохимическим технологиям относятся коксование, газификация и сжижение. При использовании таких методов биомасса пре-

---

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, доц. ФГБОУ ВО «ТГТУ» О. В. Зюзиной.

вращается в ценные энергоносители или непосредственно сжигается. Прибыль зависит от стоимости оборудования, транспортировки биомассы и энергоносителя. А затраты на получение биотоплива из биомассы зависят от местных условий. Для сельского хозяйства они будут ниже среднего уровня.

Переработка биомассы с помощью физико-химических технологий позволяет получать с помощью экстракции и химической обработки или биоконверсии продукты, которые используются в качестве биодизеля.

Биохимический метод переработки мицелиальной биомассы с использованием брожения позволяет получать вещества, которые можно использовать в качестве жидкого или газообразного топлива, удобрений [2].

Работы по решению проблемы утилизации мицелиальных отходов ведутся по нескольким основным направлениям:

1. Использование мицелиальных отходов для технических целей в качестве добавок в бетонные и гипсовые растворы или обжиговые материалы, для получения топлива, сорбентов.

2. Использование питательных веществ биомассы в сельском хозяйстве, для приготовления биоудобрений.

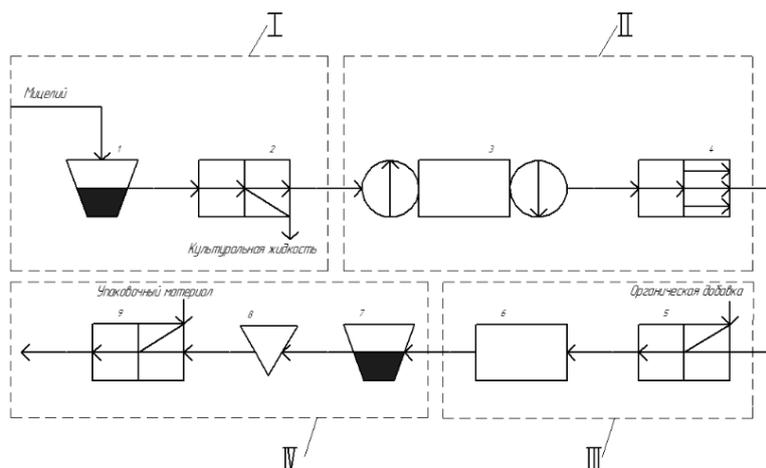
Биохимический способ переработки мицелиальной биомассы основан на применении биокomпостирования. Биомассу смешивают с биологически активным компонентом – носителем компостных микроорганизмов и материалом, который сорбирует избыточную влагу. Это могут быть как отходы других производств – опилки, солома и т.п., так и возобновляемые природные материалы, например, торф. Интерес представляет способ, основанный на применении вермикюльтивирования, в котором мицелиальную биомассу, смешанную с органическими материалами, обрабатывают с помощью навозных червей. Предусматривают дальнейшее использование переработанной смеси как удобрения [3].

Привлекательным вариантом переработки биомассы можно считать использование биомассы в качестве пенообразующей добавки для ячеистых бетонов. Биомассу предварительно гидролизуют до получения вещества – пенообразователя, который включается в технологию производства строительных материалов.

Мицелиальные отходы используют в качестве компонентов питательных сред для микроорганизмов с предварительной обработкой ферментативным гидролизом, что позволяет высвободить большее количество используемого сырья, сократить затраты на закупку дорогостоящих и дефицитных компонентов питательных сред.

Для биотехнологических предприятий, выпускающих кормовые ферментные препараты, актуален вопрос утилизации биомассы. На текущий момент отечественные и зарубежные предприятия по производству биотехнологической продукции отправляют биомассу (как побочный продукт) на захоронение. Как правило, ее предварительно подвергают тепловой или химической обработке с целью инактивации жизнеспособных клеток. На основе анализа доступных материалов по проблеме утилизации биотехнологических отходов наиболее перспективным представляется способ переработки в биогумус.

С целью решения одновременно двух задач: экологической – устранение загрязнений воздушной среды от территории захоронения и экономической – получение продукта, реализуемого как органическое удобрение, можно предложить схему переработки биомассы для сельского хозяйства путем биоконверсии. Предлагаемая схема представлена в виде операторной модели (рис. 1).



**Рис. 1. Операторная модель технологии переработки мицелиальной биомассы в условиях предприятия:**

- I – этап предварительной обработки мицелия, II – этап инактивации,
- III – этап биодegradации, IV – получение товарной формы;
- 1 – накопление мицелия; 2 – фильтрация; 3 – термическая обработка;
- 4 – дезинтеграция; 5 – смешение с органической добавкой;
- 6 – биокomпостирование; 7 – накопление биопродукта;
- 8 – дозирование; 9 – упаковка

Биомасса накапливается в резервуаре, а затем обезвоживается на пресс-фильтрах. Обезвоженная биомасса подвергается тепловой обра-

ботке в течение часа при температуре 135...140 °С в кислой среде. Обезвреженная биомасса подвергается дезинтеграции, после чего смешивается с органической добавкой, содержащей естественные микроорганизмы. Затем происходит биокомпостирование. Переработанный биопродукт накапливается, затем расфасовывается и складировается.

При ожесточающихся требованиях к защите окружающей среды и росте стоимости утилизации отходов актуальны разработки технологий по переработке биологических отходов производств. Данный способ позволяет получить удобрения для использования как в сельском хозяйстве, так и у частных владельцев садовых участков, так как полученная масса будет обладать полезными питательными веществами для роста растений и полезной микрофлорой за счет смешения с органическим материалом.

В соответствии с действующим законодательством в России предприятия, нарушающие санитарные и экологические нормы, не имеют право на существование и должны быть реконструированы или закрыты, т.е. должны быть малоотходными или безотходными, в связи с этим разработка технологий по переработке биологических отходов производств является актуальной.

### Список литературы

1. *Стратегия* развития биотехнологии Российской Федерации до 2020 г. «Стратегия БИО-2020».
2. Ресурсосберегающие технологии – основа конкурентоспособности современной пищевой и перерабатывающей промышленности / Д. С. Дворецкий, В. Н. Долгунин, О. В. Зюзина, Е. И. Муратова, С. А. Нагорнов, Н. М. Страшнов, Е. В. Хабарова // Вопросы современной науки и практики. – 2013. – № 3(47). – С. 282 – 291.
3. Пат. № 2205164 РФ МКII С 05 F 9/ 04. Способ утилизации мицелиальных отходов / Орлов Ю. Н., Полюдов С. А., Елисеева О. Н., Лахно Т. И.
4. *Василенко, М. И.* Отходы микробиологических производств – потенциальное сырье для получения пенообразователей, использующихся в строительной индустрии / М. И. Василенко, И. В. Старостина // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 3.

*Кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств» ФГБОУ ВО «ТГТУ»*