

ными: так как падение прочности при изгибе составило 10 %, а водопоглощение ухудшилось на 11 %.

3. При поверхностной обработке гидрофобизатором свойства образцов повышались. Медный купорос, введенный непосредственно в пресс-композицию, увеличил прочностные показатели (прочность при изгибе на 14 %, твердость на 49 %), но при этом снизил показатели водостойкости (водопоглощение увеличилось на 23 %, разбухание на 28 %).

4. Наилучшие показатели физико-механических свойств были получены у образцов РП-БС, изготовленных с использованием медного купороса за счет введения его непосредственно в пресс-композицию. В этом случае медный купорос выступал в первую очередь как модификатор, обеспечивающий интенсификацию процессов полимеризации и поликонденсации.

#### Библиографический список

1. Савиновских А.В. Получение пластиков из древесных и растительных отходов в закрытых пресс-формах: автореф. дис. ... канд. техн. наук (25.12.2015) / Савиновских Андрей Викторович; УГЛТУ. Екатеринбург, 2015. 20 с.

2. Вакин А.Т., Полубояринов О.И., Соловьёв В.А. Пороки древесины. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Лесн. пром-сть, 1980. 197 с.

3. Биоповреждение и защита древесины и бумаги / Е.Л. Пехташева, А.Н. Неверов, Г.Е. Заиков, С.А. Шевцова, Н.Е. Темникова // Вестник Казан. технол. ун-та. 2012. Т. 15, № 8. С. 192–199.

УДК 66.098

Студ. Е.Ю. Захарчук  
Рук. Е.Ю. Серова  
УГЛТУ, Екатеринбург

### **МИКРОБИОЛОГИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ ОТХОДОВ В ПОЛЕЗНЫЕ ПРОДУКТЫ**

Некоторые современные производства широко используют процессы микробиологической природы. Полезная деятельность микроорганизмов применяется в переработке промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов и очистке окружающей среды от загрязнений. Микробиологическая конверсия – наиболее эффективный способ осуществить управляемую переработку целлюлозо- и крахмалсодержащих сельскохозяйственных продуктов и отходов в полезные субстанции. При этом решается ряд

задач перехода к безотходным технологиям и, в частности, проблемы малой энергетики и использования новых возобновляемых энергоресурсов, а также такого немаловажного аспекта нашего времени, как защита окружающей среды.

Из различных биологических методов переработки отходов наиболее широко используются микробиологические. В основе получения многих полезных продуктов микробиологического синтеза и переработки отходов лежит способность микроорганизмов и их ферментов потреблять органические вещества различного строения, разлагать или трансформировать природные биополимеры. Методы экобиотехнологии применяют для переработки углеводов-, белок- и жиросодержащих жидких отходов, растительной биомассы, твердых бытовых отходов, активного ила. Убеждение в конечности запасов полезных ископаемых и необходимости перехода на возобновляемые источники энергии вызывает необходимость разработки производственных биотехнологических процессов получения спиртов и органических кислот наряду с уже имеющимся их химическим синтезом из нефти [1].

Создание любого микробиологического производства требует проведения предварительных лабораторных исследований: поиск продуцентов, всестороннее изучение их свойств и оптимизация способов культивирования. Следующим этапом является масштабирование процесса и испытание его в промышленных условиях. При этом происходит постепенный переход от культивирования микроорганизмов в колбах к выращиванию в лабораторных ферментерах и затем – в промышленных установках большого объема.

Выделим наиболее крупномасштабные промышленные микробиологические процессы переработки органических отходов. Это компостирование, получение кормовых продуктов, обогащенных микробным белком или, в общем случае, белком одноклеточных организмов (БОО), анаэробное сбраживание, биоконверсия в топливо (в этанол, получение биогаза – метаногенерация, прямая конверсия в тепло). Различают несколько видов органических отходов. Жидкие органические отходы – это сточные воды бытовых, сельскохозяйственных и промышленных предприятий. К полужидким относятся полужидкий навоз и осадки сточных вод. Твердые формируются из бытового мусора, подстилочного навоза, твердые включения сточных вод и сельскохозяйственные остатки. Твердые бытовые отходы (ТБО) представлены пищевыми и туалетными остатками, бумагой и инертными материалами (стекло, металл, пластик и т. д.) [2].

Рассмотрим методы микробиологической конверсии в зависимости от конечного продукта.

Удобрения. В традиционном земледелии большинство органических отходов превращается в органические удобрения в результате компостирования. Компостирование – способ обезвреживания бытовых, сельскохозяйственных и некоторых промышленных твердых отходов, основанный на разложении органических веществ микроорганизмами.

В процессе компостирования организмы (бактерии, черви, грибы, насекомые), находящиеся в земле и бытовых органических отходах, питаются ими и друг другом, перерабатывают материалы. Бактерии содержатся почти во всех органических веществах, и именно они и производят первичное разрушение отходов. Компостирование является аэробным микробным процессом переработки органических веществ с выделением тепла. В итоге получается удобрение для почвы. Это обусловлено тем, что компост увеличивает концентрацию питательных веществ в почве и помогает удерживать влагу, а также способствует аэрации почвы, и микроорганизмы, содержащиеся в компосте, подавляют рост болезнетворных бактерий, защищая растения от различных болезней и оздоравливая почву.

Полужидкие отходы, а также растительные и пищевые остатки перерабатываются обычно в метантенках – закрытых резервуарах разного объема. Длительность процесса составляет от 2 до 5 недель при температуре 30–35 или 50–55 °С. В больших метантенках содержимое перемешивают мешалками или продувкой нагретого пара. В результате получается хорошее обеззараженное удобрение.

Топливо. Биотехнология позволяет получать экологически чистые виды топлива путем биопереработки отходов промышленного и сельскохозяйственного производств, Обработка сточных вод различных производств заключается в практически полном удалении из них органического вещества. При аэробном разложении органических отходов примерно половина углерода и энергии расходуется на прирост биомассы микроорганизмов-деструкторов, а другая половина рассеивается в виде тепла. Преимущество анаэробного разложения органических отходов состоит в незначительном образовании биомассы в процессе, возможность удалять высококонцентрированные вещества и попутное образование большого количества биогаза – возобновляемого источника энергии (метана). Поскольку при низких концентрациях органического загрязнителя анаэробный процесс не всегда эффективен, для глубокой очистки применяют комбинацию бескислородной и аэробной обработки. Конверсия сельскохозяйственных отходов в биогаз осуществляется под действием естественно сложившихся метаногенных микробных сообществ в анаэробных условиях. Созданы установки, в которых используются бактерии для переработки навоза и других органических отходов. Из 1 т навоза получают 500 см<sup>3</sup> биогаза, что эквивалентно 350 л бензина, при этом качество навоза как удобрения улучшается.

Самым простым методом утилизации твердых бытовых и промышленных отходов является их захоронение в естественных понижениях рельефа местности и сваливание с последующей засыпкой слоем грунта. Захоронение может быть произведено на специальных полигонах ТБО с уплотненным глинистым дном. Микроорганизмы попадают в кучу вместе с отходами и из почвы и грунта. Разложение отходов происходит медленно (30–50 лет), при этом разрушается только 30 % захороненной органики. В погребенных отходах анаэробное разложение сдерживается низкой влажностью и небольшой плотностью популяции микроорганизмов-деструкторов [2]. В микробном сообществе свалки присутствуют группы микроорганизмов, осуществляющих разные стадии превращения сложных полимерных соединений в биогаз. В период активного метаногенеза происходит разогрев массы до 55 °С. В верхней части кучи развиваются аэробные микробы, среди которых особое значение имеют метанотрофные бактерии. Благодаря их активности значительная часть образуемого в анаэробной зоне свалки метана не попадает в атмосферу. На современных полигонах ТБО отходы герметически отделены от окружающей среды, а биогаз собирается и используется как топливо.

Органические растворители. Этанол и другие важные органические вещества легко могут быть получены с помощью микроорганизмов, растущих как на пищевых субстратах и отходах пищевых производств, так и на техническом сырье. Давно известны процессы получения спирта путем спиртового брожения дрожжей на сахаристых субстратах и на древесных опилках, подвергнутых щелочному гидролизу. Применение в качестве продуцентов термофильных анаэробных бактерий, обладающих собственными мощными гидролазами, значительно ускоряет процесс, так как исключается стадия предварительного гидролиза сырья, а повышенная температура культивирования увеличивает скорость реакций. Использование устойчивых микробных ассоциаций способствует повышению активности и стабильности процесса получения спирта из растительной массы. Этанол продуцируют такие микроорганизмы, как *Saccharomyces cerevisiae*, *Kluyveromyces fragiles*, *Clostridium thermocellum*, *C. Thermosaccharolyticum* и т.д.; ацетон, бутанол, изо-пропанол – *Clostridium acetobutylicum*; 2,3-бутандиол образуют *Enterobacter*, *Serratia*.

Кормовой белок. В качестве дополнительного корма для животных могут быть использованы белково-витаминные концентраты (БВК) из биомассы различных микроорганизмов, выращенных на отходах пищевой и некоторых других промышленности. Обогащение кормовым белком – один из вариантов переработки биомассы растений и различных органических отходов, в основном углевод- и целлюлозосодержащих. Белковые до-

бавки обладают высокой кормовой ценностью. В кормовые продукты, обогащенные белком, могут быть переработаны отходы деревообработки, сельского хозяйства (солома, зеленая масса растений, ботва и т.п.), животноводства (навоз и птичий помет), перерабатывающей промышленности (утилизация барды спиртового производства и молочной сыворотки), активный ил очистных сооружений, сортированные ТБО [3]. Например, из 1 кг соломы можно получить 0,1 кг плодовых тел грибов и примерно 0,5 кг остатка соломы с мицелием, содержащим 2,5 % белка. Наиболее дешевый кормовой белок может быть получен из органического вещества сточных вод, в частности из активного ила. Однако получение его возможно только при незначительном содержании в активном иле тяжелых металлов, других токсичных веществ, отсутствии патогенных микроорганизмов.

В нынешних условиях цена возобновляемого растительного сырья, различных углеводсодержащих отходов и вторичных сырьевых ресурсов остается невысокой, что при одновременном решении экологических задач создает основу для увеличения масштабов переработки биомассы растений и различных органических отходов в кормовые продукты, обогащенные белком и другими ценными компонентами. Стоит отметить, что в настоящее время на российском рынке присутствует достаточно широкий спектр различных кормовых добавок, обогащенных белком одноклеточных организмов и предназначенных для использования в составе комбикормов.

Таким образом, нужно отметить весомый вклад микроорганизмов в современную промышленность. Микробиологическая конверсия производственных отходов находит применение в областях сельского хозяйства, деревообработки, пищевой промышленности, утилизации и переработки отходов других производств. Широкое применение конверсии основано на способности микроорганизмов разлагать органические вещества, лежащие в составе отходов промышленных производств и сельского хозяйства, с образованием полезных для деятельности человека продуктов: топлива, органических растворителей, удобрений, корма для животных, очищенных вод и грунта [3]. Также такая переработка благоприятно влияет на экологическую обстановку в связи с тем, что ликвидирует часть загрязнений и вредных отходов.

### Библиографический список

1. Прикладная экобиотехнология: учеб. пособие в 2 т. Т. 1 / А.Е. Кузнецов. [и др.]. Изд.2-е. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 629 с.
2. Фонд знаний «Ломоносов» [Электронный ресурс] / Прикладная микробиология и биотехнология микроорганизмов. URL: <http://www.lomonosov-fund.ru/enc/ru/encyclopedia:0129496#Биоконверсия>

3. Экологическая биотехнология [Электронный ресурс]. URL: [https://studwood.ru/624825/ekologiya/mikrobnaya\\_miniralizatsiya\\_degradatsiya\\_detoksikatsiya\\_zagryazniteley](https://studwood.ru/624825/ekologiya/mikrobnaya_miniralizatsiya_degradatsiya_detoksikatsiya_zagryazniteley)

УДК 519.257 + 66.067.1

Студ. К.Е. Кацуба  
Рук. А.Ю. Вдовин  
УГЛТУ, Екатеринбург

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАТИСТИКО-ВЕРОЯТНОСТНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ОТДЕЛЕНИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ ОТ ЖИДКОСТИ**

Рассматривается процесс отделения взвешенных твердых частиц различных фракций из жидкости, состоящий в первоначальном применении отстойника и последующем использовании фильтров грубой и тонкой очистки.

Предполагается, что требуется извлечь частицы, размер которых превосходит  $r$ , при этом в отстойнике оседают все частицы, линейный размер которых превышает значение  $r_{\max}$ . Будем считать, что фильтры остаются работоспособными до набора некоторой критической массы. При этом, указанная масса для грубого фильтра в  $k$  раз больше по сравнению с фильтром тонкой очистки.

Оптимизацию процесса фильтрования будем осуществлять за счёт выбора размера  $r$  ячейки фильтра грубой очистки таким образом, чтобы оба фильтра оставались пригодными в течение одинаковых промежутков времени. Иными словами, время их работоспособности должно совпадать, то есть необходимость их замены (очистки) возникает одновременно.

В данной статье рассмотрен процесс разделения материала, гранулометрический состав которого представлен в статье\*.

Пусть  $r_{\max} = 1$  мм;  $r_{\min} = 0,01$  мм.

Для того, чтобы проводить статистические исследования, необходимо иметь информацию о характере распределения размеров частиц, которые подлежат извлечению.

Выдвинем гипотезу о нормальном распределении размера частиц и проверим ее с помощью критерия Пирсона.

---

\* Гидрологический режим родниковых ручьев Самарской Луки // CYBERLENINKA URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/gidrologicheskiy-rezhim-rodnikovyyh-ruchiev-samarskoy-luki> (дата обращения 19.11.17 г.).