

УДК 631.147

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ УТИЛИЗАЦИИ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ**

к.с.-х.н., доц. С.Н. Гармаш, к.х.н., доц. В.А. Герасименко, Г.Г. Рунова

Украинский государственный химико-технологический университет

Постановка проблемы. Актуальными задачами оздоровления окружающей среды Украины являются использование экологически безопасных методов переработки промышленных и сельскохозяйственных отходов, восстановление плодородия почв, загрязненных токсичными веществами, радионуклидами и др. Для утилизации отходов применяют физико-химические методы: сжигание, пиролиз твердых бытовых отходов, ремедиация почв и т.п. Однако при их использовании происходит вторичное загрязнение окружающей среды ксенобиотиками. Кроме того, эти методы имеют высокую энергоемкость и стоимость.

Одним из перспективных направлений оздоровления окружающей среды является экологическая биотехнология, основанная на использовании живых организмов: бактерий, низших грибов, растений, вермикультуры (дождевых червей). Особенностью биообъектов является их высокая производительность, специфичность деятельности, пластичность к составу перерабатываемых отходов, сравнительно низкая стоимость работ [1].

Вермикомпостирование – процесс переработки органических отходов с использованием дождевых червей – получает все более широкое применение во всем мире. Одна тонна органических отходов при переработке их червями даёт 600 кг гумусного удобрения и 100 кг биомассы червей, которая отличается высокой питательной ценностью и используется в рационе кормов сельскохозяйственных животных. Биомасса червей содержит протеины, липиды и аминокислоты, пептиды и нуклеотиды, полисахариды, минеральные компоненты. Поэтому биомассу червей можно использовать для получения медицинских, фармацевтических, косметических, пищевых и кормовых препаратов. В Китае, Корее, Вьетнаме и большинстве стран Юго-восточной Азии дождевых червей применяют более 2 000 лет для лечения различных заболеваний крови, геморрагических лихорадок, тяжелых ожогов, травм [2]. В настоящее время на основе биомассы червя разработаны препараты, регулирующие содержание холестерина в крови человека ("Эпаолай" в Венгрии), растворяющие тромбы, при глазных, кожных заболеваниях, а также для лечения онкозаболеваний.

При использовании биогумуса и его экстрактов сельскохозяйственные растения приобретают устойчивость к экстремальным стрессовым явлениям погодных условий и болезням.

На предприятиях Украины (сахарных заводах, зерноперерабатывающих предприятиях, заводах по производству плодоовощных соков, пива, вина и

др.) ежегодно накапливаются сотни тысяч тонн отходов, которые в течение суток подвергаются микробиологической порче и практически нигде не используются. Примерно 1–7% этих отходов подсушивают и применяют для получения питательных сред в микробиологической промышленности и в качестве кормовых добавок в рационе сельскохозяйственных животных. Остальная масса, как правило, сбрасывается в канализацию и направляется на сооружения биохимической очистки.

Анализ последних исследований и публикаций. Вермитехнология – новое направление экобиотехнологии, развитию которого способствовали неблагоприятные изменения в экологии, вызванные деятельностью человека и развитием промышленности. Известно более 3000 видов дождевых червей, но в настоящее время только 10–12 видов используются в различных странах для искусственного разведения. Для культивирования используется продуктивная популяция червя *Eiseia fetida*, названная "красным калифорнийским червем", выведенная селекционным путем линии навозного червя, которая отличается значительной плодовитостью, утратой инстинкта покидания своего местобитания при неблагоприятных условиях среды, высокой степенью адаптации к переработке специфических видов отходов. Природа наделила дождевых червей уникальными защитными свойствами благодаря мощному комплексу ферментов.

На III-й Международной научно-практической конференции ведущих ученых, специалистов, предпринимателей и производителей «Вермикюльтивирование как основа экологического земледелия в XXI веке», проходившей в Минске в июне 2013 г., ученые из США, Индии, Беларуси, России, Эстонии, Казахстана и др. стран мира представили свои достижения, перспективы и проблемы в области переработки отходов, получения удобрений и кормовых добавок. Отмечено, что в настоящее время из-за непомерно высокой рыночной стоимости белковой муки животного происхождения (рыбной и мясной) растущим спросом на высококачественный животный белок для использования в интенсивном животноводстве пользуется дождевой червь, который может сыграть ключевую роль. В сухом веществе биомассы червя содержится до 60% полноценного белка с высоким уровнем незаменимых аминокислот, 15% жира, широкий спектр микроэлементов (Fe, Cu, Mn, Zn и т.д.), ферменты, витамины групп А и В, антибиотики [3].

Протеиновая мука из червей применяется в комбикормовой и микробиологической промышленности, грибоводстве, диетическом питании. Например, на Филиппинах в рамках программы продовольственной помощи малоимущим слоям населения выпускается «фарш» из дождевых червей. Вермикюльтура может быть рекомендована в качестве уникального и возобновляемого источника углеводов, жиров и белков, а получаемая вермимука как полноценный заменитель рыбной и мясной муки.

Внесение дождевых червей совместно с биосорбентами увеличивает степень связывания в почве тяжёлых металлов до 40–90% (в зависимости от металла). Изучение комплексного использования дождевых червей, биосорбентов и биогумуса для рекультивации почв, загрязнённых радионуклидами, проводили на почвах 30-километровой зоны Чернобыльской АЭС с удельной радиоактивностью 12,3 Бк/г и 15,8 Бк/г по цезию-137. Установлено, что эти животные активно сорбировали в своём организме радионуклиды. Оптимальное время обработки почвы дождевыми червями составляло два месяца. Также выявлено, что вермикультура и биогумус (копролиты) связывают в почве от 16 до 18% тяжёлых металлов, препятствуя их выходу в почвенный раствор [4].

Отличительной чертой наших дней является повышенный интерес к дождевым червям как к уникальному источнику биологически активных веществ. Только в целомической жидкости дождевых червей находится более 40 протеинов, проявляющих ряд биологических эффектов: цитолитический, протеолитический, гемолитический, противоопухолевый, митогенный, антибактериальный, антиоксидантный, иммуногенный, липополисахарид-связывающий, бета-1,3-глюкансвязывающий и др. В поле зрения исследователей находятся регенеративные свойства, гигантская молекула гемоглобина, нейропептиды, факторы роста. Большинство веществ обладают широко спектром активности, то есть являются полифункциональными. По набору биологически активных компонентов, по своей доступности дождевые черви не имеют равных в мире природы. Регенеративные способности, антибактериальные и противовирусные свойства, уникальная фибринолитическая активность, антиоксидантные свойства энзимов и витаминов, насыщенность незаменимыми аминокислотами, гипоаллергенность – основные “достоинства” дождевого червя [5].

Протеиновая мука широко применяется в комбикормовой промышленности, диетическом питании. Исследования, проведенные учеными на птицах, свиньях, норках, рыбах, крысах и других объектах, показали, что мука из червей по своей питательной ценности не уступает мясокостной и рыбной муке.

Расходы пищевых продуктов (пшено, яйца, мясной фарш и т.д.) сокращались до 40%, а себестоимость продукции снижалась до 33%. Выход мяса опытных животных увеличивался на 12% (улучшался вкус мяса за счет повышения содержания белка), прирост рыбы – на 33%, надой молока – на 22%, выход яиц – на 25%, по сравнению со среднестатистическими данными. Применение биомассы в микробиологической промышленности позволяет не только заменить гороховую, мясную муку, но и увеличить выход продуцента антибиотика в пять раз.

Пути решения проблемы. Кафедрой биотехнологии разработаны и внедрены в производство технологии биоконверсии многотоннажного отхода масложировой промышленности (подсолнечной лузги) и получения жидкого стимулятора роста растений – биогумата [6]. В настоящее время объектами исследований являются отходы других отраслей промышленности: стебли зерновых и технических культур, картофельная мезга, трава бобовых культур, отходы силоса, виноградной лозы, зерновые отходы (образующиеся при очистке и сортировке зерновой массы), отходы консервной, винодельческой промышленности, отходы сахарной промышленности (свекловичный жом,

меласса, свекловичный бой, хвостики свеклы) и др. Эти отходы характеризуются отсутствием тяжелых металлов, токсичных веществ, которые, как известно, накапливаются в репродуктивных органах червя.

Поэтому представленные отходы рассматриваются как потенциальный субстрат для получения экологически безопасной биомассы вермиккультуры с целью использования ее в фармацевтической, пищевой и комбикормовой промышленности. Продукт переработки этих отходов (биогумус) можно использовать в качестве высокоэффективного, экологически безопасного удобрения.

Результаты анализа на содержание гумуса, органических веществ, макро- и микроэлементов представлены в таблице.

Таблица
Агрохимическая характеристика биогумуса

| Показатель | Вермикомпост на основе | | | | | |
|--|------------------------|--------------------|----------------|-----------------------|-----------------|----------------------|
| | зерновых отходов | свекловичного жома | отходов силоса | травы бобовых культур | яблочного жмыха | картофельных отходов |
| Влажность, % | 51,3 | 49,8 | 46,6 | 52,3 | 54,8 | 53,5 |
| Органическое вещество, % | 48,6 | 50,7 | 52,4 | 47,8 | 45,6 | 50,4 |
| pH | 7,3 | 8,0 | 7,1 | 7,5 | 6,8 | 6,9 |
| Азот, % | 1,7 | 1,6 | 3,3 | 2,4 | 2,8 | 1,8 |
| Фосфор (P ₂ O ₅), % | 1,6 | 1,5 | 2,4 | 1,7 | 1,6 | 1,4 |
| Калий (K ₂ O), % | 2,3 | 2,8 | 3,2 | 1,4 | 2,5 | 3,0 |
| Кальций, % | 6,5 | 6,4 | 6,2 | 7,0 | 7,2 | 6,9 |
| Магний, % | 1,4 | 1,8 | 1,6 | 1,5 | 2,0 | 1,7 |
| Медь, мг/кг | 13,8 | 14,0 | 17,3 | 17,0 | 16,8 | 15,0 |
| Цинк, мг/кг | 0,31 | 0,25 | 0,17 | 0,24 | 0,28 | 0,31 |
| Марганец, % | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 0,01 |
| Сера, % | 0,26 | 0,24 | 0,18 | 0,28 | 0,16 | 0,30 |
| Содержание гумуса, % | 12,4 | 11,3 | 17,2 | 10,4 | 13,1 | 11,8 |

Исследования показали, что вермикомпосты на основе приведенных субстратов имеют высокие агрохимические показатели, которые позволяют рекомендовать их в качестве органических, экологически безопасных удобрений.

Содержание протеинов, жира, витаминов групп А и В в биомассе вермиккультуры согласуется с данными исследователей других стран. Сухая биомасса вермиккультуры содержит 65-70 % белков и 10-12 % жиров.

Таким образом, перечисленные отходы перерабатывающей промышленности Украины являются потенциальным сырьем для фармацевтической и комбикормовой промышленности.

Успех дальнейших исследований возможен при совместном сотрудничестве с медиками, фармацевтами, экологами. Результаты работы помогут решить экологические, продовольственные, медицинские и социальные проблемы Украины.

Выводы. Использование технологии вермикомпостирования поможет не только утилизировать многотоннажные отходы пищевой и перерабатывающей промышленности, но и получить экологически безопасное, высокоэффективное удобрение для сельскохозяйственных культур, восстановить нарушенные земли, повысить содержание гумуса в грунте.

Экстракты из биогумуса могут найти самое широкое применение как стимуляторы роста, адаптогены, средства защиты растений от заболеваний, средства для снятия почвоутомления.

Биомасса червей является эффективной добавкой в рационе сельскохозяйственных животных, на ее основе получают иммунопротекторы в ветеринарии (лечебно-профилактические кормовые добавки).

Из тканей дождевых червей можно получать эффективные лекарственные препараты, растворяющие тромбы, а также для лечения глазных, кожных, сердечнососудистых, онкологических заболеваний.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. *Вермикюльтура: производство и использование* / М.Ф. Повхан, И.А. Мельник, В.А. Андриенко и др.; под ред. акад. И.А. Мельника. – К.: УкрИНТЭИ, 1994. – 128с.
2. *Битюцкий Н.П., Кудряшева Н.В., Соловьева А.Н.* Использование дождевых червей в Китае // Дождевые черви и плодородие почв: матер. II Межд. науч.-практ. конф. – Владимир, 2004. – С. 109–125.
3. *Титов И.Н.* Дождевые черви как возобновляемый источник полноценного животного белка // Вермикомпостирование и вермикюльтивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: достижения, проблемы, перспективы: сб. науч. тр. III Межд. научно-практ. конф. ведущих ученых, специалистов, предпринимателей и производителей. – Минск, 2013. – С.173-179.
4. *Жариков Г.А.* Научно-методические основы биотехнологической переработки промышленных органических отходов и санации загрязненных почв: дис. ... докт. биол. наук: 03.00.23. – Серпухов, 1998. – 295 с.
5. *Саловарова В.П., Антонова Е.В., Маишукова Н.Л.* Перспективы использования БАВ животной биомассы в пищевой промышленности // Товароведение и экспертиза товаров: проблема качества и потребительские свойства товаров: сб. статей. – Вып. 2. – Иркутск: ГОУВПО ИГУ, 2006. – 75-79.
6. *Гармаш С.М., Рябченко М.О., Кулик О.П.* Біоконверсія соняшникового лущиння: Монографія / Ред. Рябченко М.О. – Дніпропетровськ: Пороги, 2008. – 94 с.