

УДК 631.879.4

UDC 631.879.4

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
ПРОИЗВОДСТВА БИОГУМУСА  
В УСТАНОВКЕ НЕПРЕРЫВНОГО  
ДЕЙСТВИЯ****DEVELOPMENT OF THE TECHNOLOGY FOR  
THE PRODUCTION OF BIOHUMUS IN THE  
MACHINE OF CONTINUOUS ACTION**

Выгузова Мария Анатольевна  
аспирант  
*Ижевская государственная сельскохозяйственная  
академия, Ижевск, Россия*

Vyguzova Mariya Anatolyevna,  
postgraduate student  
*Izhevsk State Agricultural Academy, Izhevsk, Russia*

В статье рассматривается технология  
вермикомпостирования в установке непрерывного  
действия. Обсуждаются преимущества этого  
способа

This article shows the vermicomposting technology in  
the machine of continuous operation. The article also  
discusses the advantages of this method

Ключевые слова: НАВОЗ, БИОТЕХНОЛОГИЯ,  
ВЕРМИКОПОСТИРОВАНИЕ, БИОГУМУС,  
КРАСНЫЙ КАЛИФОРНИЙСКИЙ ЧЕРВЬ,  
ВЕРМИРЕАКТОР, ВЕРМИКУЛЬТУРА

Keywords: MANURE, BIOTECHNOLOGY,  
VERMICOMPOSTING, BIOHUMUS, RED  
CALIFORNIAN WORM, VERMIREACTOR,  
VERMICULTURE

В настоящее время перед молочными фермами и свиноводческими хозяйствами стоит ряд проблем, например, утилизация навоза. Вносить навоз непосредственно в почву нельзя. Свежий навоз богат растворимыми соединениями азота и оказывает такое же действие, как растворимые минеральные удобрения, то есть вызывает усиленный рост листьев и стеблей, но это не всегда обозначает увеличение урожая. Растения, удобренные свежим навозом, становятся более чувствительными к болезням и вредителям. Кроме того, свежий навоз быстро разлагается, поэтому он не способствует созданию устойчивого плодородия земель. Поэтому навоз подвергают компостированию, но этот процесс очень долг по времени.

С этой проблемой можно эффективно справиться с помощью компостирования с использованием дождевых червей. Черви делают процесс преобразования органического материала более интенсивным, также происходит активная минерализация органического вещества. Высвобождаются такие биологически активные вещества, как фосфор и калий. Компостирование с помощью дождевых червей приводит к образованию особой структуры почвы. Компост содержит питательные

вещества в форме, наиболее благоприятной для питания растений. Кроме того, его можно вносить в любой дозе.

По санитарным нормам вермикомпост абсолютно безвреден для выращивания овощей и фруктов. Вермикомпостирование продемонстрировало достаточно быстрое снижение концентрации патогенных организмов, чтобы удовлетворить требованиям наивысшего стандарта класса "А" (самый высокий класс требований США "Process to Further Reduce Pathogens" – PFRP).

Для совершенствования процесса вермикомпостирования необходимы как конструкторские и технологические разработки, так и более фундаментальные исследования.

В связи с этим целью наших исследований является разработка технологии вермикомпостирования с помощью красных калифорнийских червей вида *Eisenia Foetida* и установки для ее реализации.

Практическая ценность результатов исследования: разработанная технология вермикомпостирования и установка для ее реализации решают три проблемы: утилизация отходов сельскохозяйственного производства; охрана окружающей среды в зоне крупных животноводческих комплексов; получение ценного удобрения – биогумуса и, как следствие, улучшение и восстановление плодородного слоя почвы.

Вермикомпостирование – это один из перспективных способов утилизации отходов сельского хозяйства, основанный на использовании дождевых червей, т.е. переработка навоза с их помощью. Вермикомпостирование отходов животноводства одновременно решает три важные проблемы современной цивилизации: получение ценных удобрений, утилизация отходов животноводства и охрана природной среды в зонах крупных животноводческих комплексов [Мельник, 1990; Игонин, 1995; Городний, 1990].

Дождевые черви играют ключевую роль в биотическом круговороте питательных веществ в почве. В биотическом круговороте почвенные

микроорганизмы и растения закрепляют химические элементы почвы в своих клетках, а дождевые черви и другие почвенные беспозвоночные, выводят эти элементы из органического вещества растений и микробной биомассы обратно в почву и обогащают ее азотом, фосфором и калием. Органика, проходя через кишечник люмбрицид, переваривается под действием энзимов и кишечной микрофлоры, разлагается до более простых соединений, структурируется; почвенные частички обогащаются гуминовыми кислотами, кальцием, магнием, фосфорной кислотой. Многие минеральные соединения переходят в доступные для растений формы [Покровская, 1991; Tomati, 1988]. Дождевые черви выполняют оздоровительные и обеззараживающие функции, элиминируя патогенную почвенную микрофлору, поглощая и переваривая бактерии, водоросли, грибы и их споры, простейших и нематод. При переработке навоза, при его прохождении через организм червя в процессе вермикомпостирования семена сорняков теряют свою всхожесть, а также значительно снижается содержание кишечной палочки и других видов болезнетворных микроорганизмов. Помимо этого уменьшается токсичность тяжелых металлов, улучшается структура почвы и ее воднофизические свойства. При внесении в почву биогумуса в нее попадают и дождевые черви, микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, необходимые, в свою очередь, для ее нормального функционирования. При внесении в почву навоза существует риск передозировки почвы и нанесения вреда будущему урожаю, тогда как биогумус можно вносить в любом количестве. [Переработка навоза..., 2007].

Для получения высококачественного удобрения с высоким содержанием гумусных веществ осуществляют вермикомпостирование навоза. Основной операцией вермикомпостирования является подготовка субстрата. Она заключается в доведении органических отходов до влажности 75–78 % с последующей ферментацией и обеспечением перевода аммиачного азота в нитратные формы. Исходная смесь –

субстрат для вермикомпостирования должна иметь следующие параметры: влажность – 70–75 %, рН – 6,5–7,5, соотношение С : N = 20 : 1, содержание минеральных веществ – до 10 %, сырого протеина – не более 25 %.

Для ускорения процесса образования биогумуса почвы был выведен «красный калифорнийский червь», который широко используется для этих целей. Красный калифорнийский червь (ККЧ) – новая порода дождевого червя, относящаяся к семейству *Eisenia Foetida*, которая была получена в результате гибридизации других пород дождевого червя в штате Калифорния в 1959 году. Червь в длину достигает 10 см, имеет диаметр – 3–5 мм и массу тела – около 1 г. Потомство двух червей может достигнуть 1,5 тыс. особей в год, и через 40 дней популяция этих червей удваивается. Калифорнийский червь живет 16 лет, достигая половой зрелости через 90–120 дней, и работает наиболее активно при 15–25<sup>0</sup>С [Пат.№2274628].

Средой обитания для ККЧ является специальный, насыщенный органическими соединениями субстрат (навоз, компосты, органические отходы и мусор), но не почва. В сутки ККЧ съедает в два раза больше пищи, чем весит он сам и предпочитает для интенсивного размножения субстрат, имеющий значение рН среды 6,5–7,5.

Проводятся интенсивные исследования пригодности вермикюльтуры для утилизации все более широкого спектра муниципальных, сельскохозяйственных и промышленных отходов от зеленой массы водяного гиацинта до отходов горнорудной промышленности. Ярким примером являются успешные лабораторные опыты по применению вермикомпоста для абсорбции тяжелых металлов из отходов гальванического производства [Jordao et al., 2002].

При вермикомпостировании учитываются характер и свойства поведения дождевых (компостных) червей. Взрослые особи дождевых червей постоянно перемещаются в зону, наиболее комфортную для их обитания, то есть туда, где имеются достаточный объем качественного пищевого субстрата, а также где оптимизированы температурные

параметры, оптимальные уровни аэрации, значения рН окружающей среды и влажности. В такой зоне происходит концентрирование взрослых особей червей до максимально возможной популяционной концентрации, и она становится суперактивно работающей зоной гряды, в которой происходит более быстрая и более полная биоконверсия органических веществ в конечный продукт – биогумус, что приводит к возрастанию скорости переработки компоста дождевыми червями в конечный продукт.

Существуют следующие способы вермикомпостирования: навалы; клиновья система; ложи, корзины и ящики; реакторы.

Основными недостатками вермикомпостирования такими способами, как навалы, клиновья система и ложи, являются: интенсивный ручной труд, большие площади, трудность поддержания влажности, медленная переработка отходов, трудности сбора вермикомпоста без червей.

Ложи, корзины и ящики используются наиболее активно – от крупных производителей до частных землевладельцев. Вермикомпостирование в больших масштабах на открытом воздухе требует некоторого покрытия, для того, чтобы уберечь червей от дождя и попадания прямых солнечных лучей. Этот способ требует достаточно больших трудозатрат, поскольку приходится добывать биогумус вручную. [Последние достижения, 2001].

Для осуществления наиболее распространенных способов получения биогумуса используются такие широко известные технические средства, как тракторы и бульдозеры, для образования буртов, которые, как и часто используемые ящики или другие емкости, наполняются субстратом с помещенной в него популяцией червей, при этом для орошения используют поливальные машины или шланги, а рыхление осуществляют с помощью лопаты или вил. Такие технические средства малопродуктивны, трудоемки, не позволяют механизировать технологический процесс, ускорить его и не позволяют достичь хороших

результатов по росту червей, увеличению их популяции, не обеспечивают их сохранность [«Химия в сельском хозяйстве», 1995].

Несмотря на значительный объем работ по технологии вермикомпостирования, технологий производства биогумуса с помощью красных калифорнийских червей в непрерывном цикле очень мало. Нами проведены исследования существующих технологий вермикомпостирования и разработана технология производства биогумуса в установке непрерывного действия.

Технической задачей, на решение которой направлена разработка, является увеличение производительности установки, снижение энергозатрат, получение биогумуса с высоким содержанием микроэлементов, а также создание условий для размножения красных калифорнийских червей, возможность их дальнейшего использования на кормовые и пищевые цели.

Поставленная задача достигается способом производства биогумуса, включающего в себя вермикомпостирование органических отходов с использованием красного калифорнийского червя *Eisenia Foetida* в количестве 250 тыс. шт. на 1 м<sup>3</sup>, причем в качестве органических отходов используют навоз крупного рогатого скота, предварительно нейтрализованный до pH 7–8. Процесс вермикомпостирования осуществляют при температуре 15–25 °С, влажности субстрата 80–85 %, причем укладку субстрата производят в бункер цилиндрической формы, вводят в субстрат маточное поголовье червей, через 4 недели происходит миграция червей из менее питательной среды в более питательную, нужная среда обитания червей поддерживается с помощью компрессора, соединенного с теплообменником и увлажнителем, выгонка червей производится с помощью повышения температуры посредством ИК-излучателя, при этом происходит небольшая сушка биогумуса, готовый вермикомпост вместе с личинками удаляют из нижних слоев, и в бункер подается свежий субстрат, обеспечивая непрерывность процесса.

Вермикомпост с личинками красного калифорнийского червя транспортируется в другой бункер, где происходит инкубация коконов с последующим выходом мальков из коконов и отделением от биогумуса.

Совокупность существенных признаков обеспечивает упрощение способа производства биогумуса за счет того, что не требуется перераспределение вермикомпоста, дополнительная сушка биогумуса; что упрощает процесс, уменьшает затраченное на переработку время и энергозатраты, что, в свою очередь, увеличивает производительность производства, в целом исключает использование ручного труда, способствует удешевлению производства биогумуса и получению продукта с высокими качественными характеристиками.

Установка состоит из бункера цилиндрической формы с источником ИК излучения 4 (см. рисунок). В верхней части установки расположен шнек 13 для загрузки подготовленного субстрата. В нижней части через затвор 5 бункер соединен с выгрузным шнеком 12. Бункер соединен с компрессором 6 для нагнетания теплого увлажненного воздуха.

Температура и кислотность – важнейшие условия оптимальной работы красных калифорнийских червей в вермиреакторе, так как снижение данных показателей от заданных значений приводит к снижению выработки биогумуса, следствием чего является снижение производительности установки.

Для контроля рабочих режимов:

- по температуре – в вермиреактор введен жгут с 10 термопарами, расположенными последовательно через каждые 100 мм, начиная с нижней части бункера. Термопары подключены к субблоку управления (СУГХМ);

- по влажности – в вермиреактор опущен капроновый «чулок» для отбора пробы кусочков субстрата. Столб продукта, отобранного в капроновом «чулке», разрезали через каждые 100 мм на отметках,

соответствующих уровням установки термопар, и определяли влажность по ГОСТ 21103-75.

Для поддержания оптимальной температуры предусмотрена установка датчиков температуры. Стабильность необходимой температуры важна для процесса вермикомпостирования в автоматическом режиме. Нами выбрана термопара марки 2ТРМ1 ОВЕН.

Работа установки. Подготовленный субстрат по шнековому транспортеру попадает в бункер и заселяется маточной культурой червей, начинается процесс вермикомпостирования. Оптимальные условия поддерживаются с помощью компрессора 6, который нагнетает подогреваемый теплообменником 7 воздух. Воздух увлажняется из увлажнителя 11. Необходимое количество воды устанавливается эмпирическим путем и регулируется с помощью электромагнитного клапана 9. В нижней части бункера находится источник ИК-излучения 4. Прозрачные вставки 1 в бункер служат для визуального контроля над процессом вермикомпостирования. Необходимое количество червей добавляется прямо в субстрат.

Выгрузное устройство представляет собой рассекатель с отверстиями для поддержания оптимальной среды, они же служат для выгрузки готового продукта. Мешалка, вращаясь, вытесняет готовый продукт в выгрузные отверстия, находящиеся в рассекателе. При перемешивании готового биогумуса осуществляется равномерная выгрузка готового продукта, что служит предпосылкой беспрепятственного и эффективного протекания процесса вермикомпостирования.

Перемешивающее устройство включает следующие основные части: привод, мешалку, вал и стойку для закрепления перемешивающего устройства на корпусе аппарата.



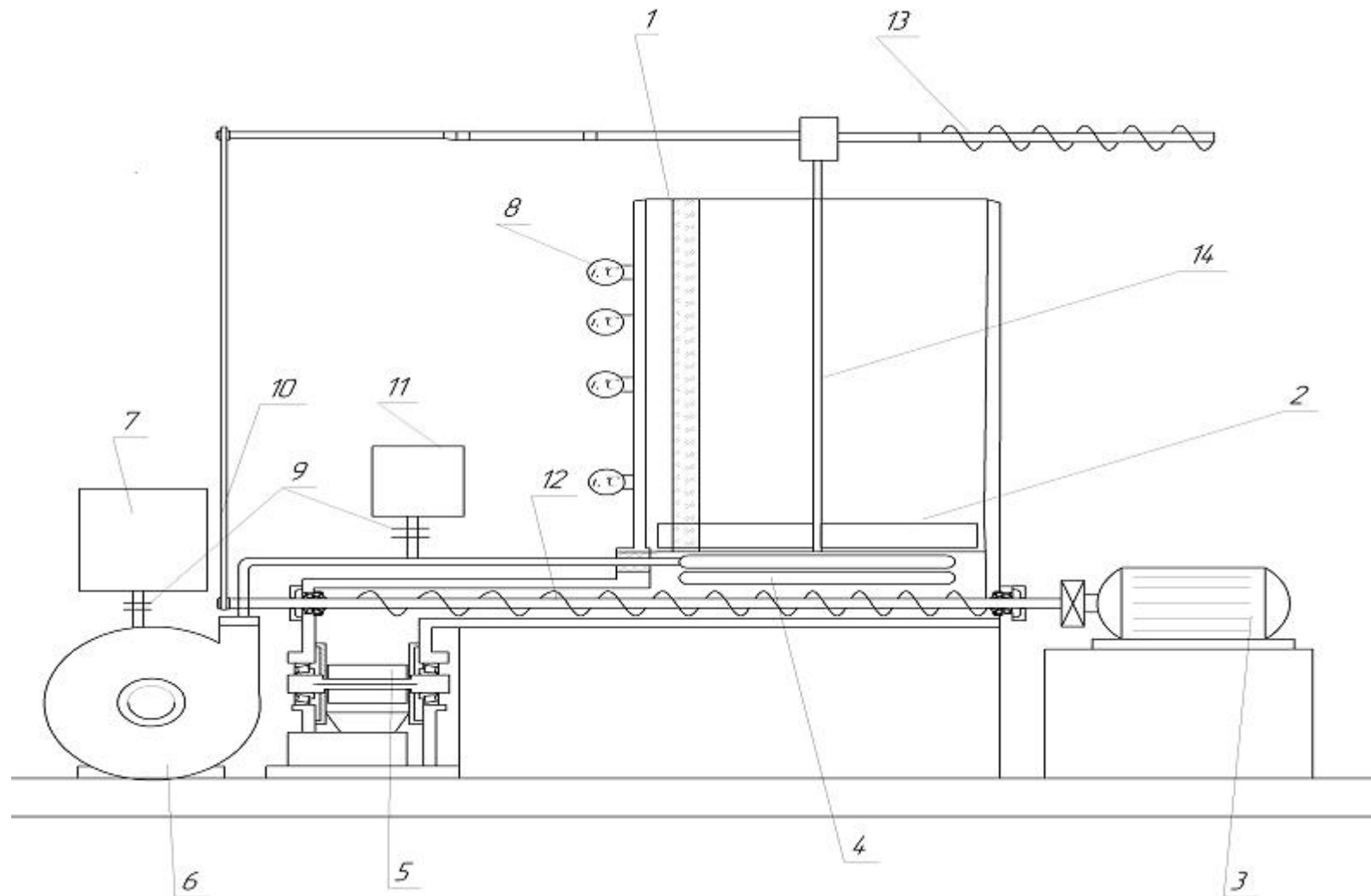


Рисунок. Принципиальная схема установки для вермикомпостирования: 1 – прозрачная вставка; 2 – лопасти мешалки; 3 – привод шнека и конвейера; 4 – ИК-излучатель; 5 – затвор; 6 – компрессор; 7 – теплообменник; 8 – датчик температуры; 9 – электромагнитный клапан; 10 – ременная передача; 11 – увлажнитель; 12 – шнек выгрузки готового продукта; 13 – шнек загрузки субстрата; 14 – вал

Вермиреактор с непрерывным циклом имеет очевидные преимущества перед другими методами компостирования органических отходов: переработка органических отходов может осуществляться непосредственно на месте их получения, отсутствие потерь питательных веществ, отсутствие запахов при утилизации отходов, не требуется добавления в перерабатываемые отходы разрыхляющих компонентов, производственная площадь минимизирована, расходы на электричество для подачи воздуха и тепла минимальны, ручной труд исключен, так как процессы кормления, сбора и просеивания автоматизированы. Все это позволяет снижать эксплуатационные расходы по сравнению с другими автоматизированными системами.

Таким образом, получение биогумуса из отходов сельскохозяйственного производства с использованием вермиреакторов может быть перспективно для получения органического удобрения, а также для снижения вредного воздействия отходов сельскохозяйственных производств на окружающую среду.

Технология вермикомпостирования является практически безотходной. Возможности и перспективы этой современной биотехнологии могут сыграть ключевую роль в трех областях: экологической, сельскохозяйственной, здравоохранительной:

- решаются некоторые экологические проблемы: утилизация и рециклинг органических отходов;
- производство высокогумусных органических удобрений и использование их в сельском хозяйстве позволят перейти к органическому земледелию;
- препараты биологически активных веществ из тканей дождевых червей могут успешно применяться в медицине и косметике.

**Список литературы**

1. Мельник, И.А. Дождевые черви на службе сельского хозяйства / И.А. Мельник // Сельскохозяйственная биология. – 1990. – № 5 – С. 160–163.
2. Игонин, А.М. Как повысить плодородие почвы в десятки раз с помощью дождевых червей /А.М. Игонин. – М.: Информационно-внедренческий центр "Маркетинг", 1995. – 88 с.
3. Городний, Н.М. Биоконверсия органических отходов в биодинамическом хозяйстве / Н.М. Городний, И.А. Мельник, М.Ф. Повхан. – Киев: Урожай, 1990. – 78 с.
4. Пат.№2274628 РФ, С05F3/00 Способ производства биогумуса / Н.А. Баер – 2004101036, заявлено 20.01.2004; опубл. 20.04.2006.
5. Покровская, С.Ф. Использование дождевых червей для переработки органических отходов и повышения плодородия почв (вермикультура) / С.Ф. Покровская. – М.: Агропром., 1991. – 32 с.
6. Химия в сельском хозяйстве. 1995. № 1. С. 17–18.
7. Переработка навоза методом вермикомпостирования. – М., 2007. – Режим доступа: [http://www.biogumus.com/page\\_pid\\_620.htm](http://www.biogumus.com/page_pid_620.htm).
8. Последние достижения в среднем и больших масштабах вермикомпостирования. – 2001. – Режим доступа: <http://www.vermyk.narod.ru/articles/midlargescaleverm/midlargescaleverm.htm>.
9. Jordao, C.P. Removal of Cu, Cr, Ni, Zn, and Cd from electroplating wastes and synthetic solutions by vermicompost of cattle manure /C.P. Jordao, M.D. Pereira, R. Einloft, M.B. Santana, C.R. de Mello Bellato / Sci. and Health Part A 37, 2002. 875–892.
10. Tomati, U. The hormone - like effect of earthworms on plant growth / U. Tomati, A. Grappelli, E.Galli // Biology and Fertility of Soils. – 1988. – V. 5. – № 4. – P. 288–294.