

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ СЕЛЬСКОГО И ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

Колесников Г.Н., Гаврилов Т.А., Станкевич Т.Б.

Ключевые слова: аэробная ферментация, навоз сельскохозяйственных животных, древесная кора, активный ил, биоконверсия.

Аннотация. Статья посвящена проблеме рационального использования отходов сельского и лесного хозяйства. Предложена технологическая схема переработки древесной коры, активного ила и навоза сельскохозяйственных животных посредством процесса их аэробной ферментации. Обоснованы параметры процесса аэробной ферментации. Предложенная технологическая схема создает условия для поточной переработки древесной коры и активного ила в промышленных объемах.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF PROCESSING ORGANIC WASTE FROM AGRICULTURE AND FORESTRY

Kolesnikov G.N., Gavrilov T.A., Stankevich T.B.

Keywords: aerobic fermentation, farm animal manure, tree bark, activated sludge, bioconversion.

Abstract. The article is devoted to the problem of rational use of agricultural and forestry waste. The technological scheme of processing bark, activated sludge and manure of farm animals through the process of their aerobic fermentation is proposed. The parameters of the aerobic fermentation process are substantiated. The proposed technological scheme creates the conditions for continuous processing of wood bark and activated sludge in industrial volumes.

В процессе функционирования предприятий целлюлозно-бумажной промышленности образуются большие объемы древесной коры и активного ила, которые являются, с одной стороны, существенной проблемой для предприятий, связанной с необходимостью нести дополнительные затраты на их переработку. При этом с другой стороны, они являются ценнейшим ресурсом, рациональное использование которого позволяет повысить рентабельность и конкурентоспособность предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. В настоящее время существует большое разнообразие технологий переработки древесной коры и активного ила [1], при этом ни одна из не получила широкого распространения, вследствие ряда существенных недостатков, описанных ранее в научных публикациях [1]. В связи, с чем разработка новых рациональных технологических схем переработки древесной коры и активного ила является актуальной проблемой.

Одной из перспективных технологических схем переработки древесной коры и активного ила, отвечающих требованиям экономической эффективности и экологической безопасности, является их аэробная ферментация.

В основе аэробной ферментации лежат сложные биотермические процессы минерализации и гумификации органических веществ, происходящие в аэробных условиях под воздействием аэробных, в основном, термофильных микроорганизмов [2]. Данные процессы протекают только в

присутствии растворенного кислорода. Окисление органических веществ с использованием атмосферного кислорода как конечного акцептора электронов – это первичная реакция, обеспечивающая образование полезной химической энергии для аэробных микроорганизмов. Аэробная ферментация является одним из наиболее перспективных способов переработки органических отходов, отвечающих требованиям экономической эффективности и экологической безопасности.

Традиционно в качестве основных компонентов перерабатываемой посредством аэробной ферментации смеси используются навоз сельскохозяйственных животных и отходы растительного и животного происхождения, т.к. они содержат большое количество биогенных веществ, особенно азота (N) и углерода (C), которые необходимы для питания аэробных микроорганизмов. Углерод (C) является источником энергии, а азот (N) – материалом для построения клеток аэробных микроорганизмов [2]. Интенсивность процесса аэробной ферментации зависит от соотношения азота (N) и углерода (C).

Кроме того, одним из перспективных компонентов смеси является активный ил, образующийся при очистке сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности. Активный ил представляет собой смесь биомассы аэробных микроорганизмов. В связи с чем, введением в перерабатываемую смесь активного ила позволяет еще на начальном этапе аэробной ферментации создать достаточное для интенсивной переработки смеси количество аэробных микроорганизмов, что в свою очередь ведет к интенсификации процесса аэробной ферментации и сокращению длительности переработки смеси. При аэробной ферментации традиционной смеси (навоза сельскохозяйственных животных и отходов растительного и животного происхождения) ее интенсивная переработка начинается только через определенный промежуток времени, затрачиваемый на развитие и количественный рост аэробных микроорганизмов, в связи с тем, что в традиционной смеси количество аэробных микроорганизмов не достаточно для интенсивной переработки смеси.

Анализ результатов исследований, представленных в научной литературе [2, 3] показал, что при соотношении компонентов смеси – измельченная древесная кора / навоз сельскохозяйственных животных / активный ил – 40...45% / 45...50% / 5...10%, обеспечивается оптимальное соотношение азота (N) и углерода (C), а также оптимальное количество аэробных микроорганизмов, при котором процесс аэробной ферментации достигает наибольшей интенсивности, что в свою очередь ведет к сокращению длительности аэробной ферментации смеси и повышению производительности процесса переработки древесной коры. При других соотношениях компонентов достигается или излишнее содержание в смеси безазотистых органических веществ, или избыток азота, который приводит к большим потерям аммиачного азота, или чрезмерно низкое количество аэробных микроорганизмов, все это приводит к замедлению разложения

смеси, что в свою очередь ведет к увеличению длительности ее переработки, а также снижению производительности процесса переработки древесной коры.

По окончании процесса аэробной ферментации перерабатываемой смеси получают органическое удобрение (высококачественное экологически чистое органическое удобрение, в состав которого входят гумусоподобные органические вещества, способствующие структурированию почвы и повышению ее плодородия), представляющее собой однородную сыпучую массу темно-коричневого цвета без неприятного запаха, семян сорных растений и патогенной микрофлоры.

Процесс аэробной ферментации состоит из трех этапов [2].

Первый этап – климация микрофлоры.

Второй этап – интенсивное развитие и количественный рост мезофильных, а затем и термофильных микроорганизмов, сопровождающийся выделением биологического тепла и повышением температуры перерабатываемой смеси до 30...80°C. Температура перерабатываемой смеси возрастает за счет роста численности и развития аэробных микроорганизмов, а также процесса их жизнедеятельности. С поднятием температуры до 70...80°C гибнут патогенные микроорганизмы, яйца и личинки гельминтов, всхожие семена сорных растений. Развивающиеся в перерабатываемой смеси аэробные микроорганизмы используют для своей плазмы практически все формы и виды минеральных соединений, остатки пестицидов, ветбакпрепаратов, что исключает потери питательных веществ из компоста и экологизирует его массу [4]. Интенсивность развития и количественного роста микроорганизмов, а также длительность данного периода зависят от степени однородности перерабатываемой смеси, т.к. однородность влияет на величину контакта между частицами перерабатываемой смеси аэробными микроорганизмами [2].

Анализ результатов исследований, представленных в научной литературе [2-5] показал, что смешивание древесной коры с навозом сельскохозяйственных животных и активным илом, и периодическое перемешивание смеси древесной коры с навозом сельскохозяйственных животных и активным илом в процессе аэробной ферментации необходимо осуществлять до достижения степени однородности смеси 90...95%, т. к. при данных значениях степени однородности достигается наибольшая интенсивность развития и количественного роста микроорганизмов, что в свою очередь ведет к сокращению длительности аэробной ферментации и повышению производительности процесса переработки древесной коры. Интенсивность развития и количественного роста микроорганизмов при степени однородности смеси менее 90 % будет недостаточной для эффективной переработки древесной коры. При степени однородности более 95% начинается процесс, обратный смешиванию – сегрегация [5], т. е. частицы компонентов смеси начинают разделяться на группы по физико-механическим свойствам, в конечном счете, все частицы объединятся в три группы – частицы древесной коры, навоза сельскохозяйственных животных и

активного ила, что ведет к торможению процесса аэробной ферментации. Все это в свою очередь увеличивает длительность аэробной ферментации смеси.

Третий этап – окончание процесса аэробной ферментации, характеризующийся снижением температуры перерабатываемой смеси до уровня ниже 30°C.

Также необходимо отметить, что неотъемлемым условием осуществления процесса аэробной ферментации является активный обмен веществ и высокая скорость биохимических обменных процессов, напрямую зависящие от величины площади поверхности частиц перерабатываемой смеси, увеличение которой ведет к увеличению интенсивности переработки смеси. Достигнуть большой площади частиц перерабатываемой смеси возможно посредством измельчения [5].

Анализ результатов исследований, представленных в научной литературе [2-5] показал, что средний размер отдельных частиц древесной коры при их аэробной переработке с навозом сельскохозяйственных животных и активным илом должен соответствовать значениям из интервала 1...5мм, т. к. достигается наиболее активный обмен веществ между частицами смеси и высокая скорость биохимических обменных процессов, что ведет к сокращению длительности аэробной ферментации и повышению производительности процесса переработки древесной коры. Обмен веществ и скорость биохимических обменных процессов частиц с размером более 5мм будут недостаточными для эффективной переработки древесной коры. Измельчение частиц менее 1мм экономически неэффективно, т. к. на это затрачивается очень большое количество энергии, при этом обмен веществ и скорость биохимических обменных процессов увеличиваются незначительно.

Таким образом, предлагаемая биотехнология переработки древесной коры и активного ила осуществляется следующим образом: древесную кору измельчают до среднего размера отдельных частиц 1...5мм, далее измельченную древесную кору смешивают с навозом сельскохозяйственных животных и активным илом до достижения степени однородности получаемой смеси 90...95%, при этом соотношение компонентов смеси – измельченная древесная кора / навоз сельскохозяйственных животных / активный ил – составляет, %: 40...45 / 45...50 / 5...10, после чего производят аэробную ферментацию полученной смеси в ферментаторах при периодическом ее перемешивании, поддерживая степень ее однородности 90...95%.

Для подтверждения применимости данной биотехнологии был проведен ряд пробных экспериментов. Навеску древесной коры сосны обыкновенной (взятую сразу после окорки) в количестве 12кг измельчили в молотковой дробилке. Далее в смесителе произвели смешивание навески измельченной коры с навеской навоза крупного рогатого скота в количестве 15кг и активным илом в количестве 3кг, при этом соотношение компонентов смеси – измельченная древесная кора / навоз / активный ил – составило 40% / 50% / 10%, до степени однородности смеси 92%. После чего полученную смесь

загрузили в ферментатор, в котором осуществляли аэробную ферментацию смеси при периодическом ее перемешивании, поддерживающем степень однородности 92%. Длительность процесса переработки смеси составила чуть менее 4 суток (93 часа). По окончании процесса переработки смеси получено органическое удобрение в виде однородной сыпучей массы темно-коричневого цвета без неприятного запаха. Семян сорных растений и патогенной микрофлоры не выявлено.

Предложенная технологическая схема апробирована авторами посредством патента на изобретение № 2647929 "Способ переработки древесной коры".

Таким образом, аэробная ферментация древесной коры и активного ила позволяет при наименьших материальных затратах, в кратчайшие сроки перерабатывать древесную кору и активный ил с получением в качестве конечного продукта органического удобрения. При этом процесс аэробной ферментации практически не зависит от природно-климатических условий и времени года (по температуре окружающей среды). Данный процесс осуществляется в компактных автоматизированных установках – ферментаторах, в течение 3...6 суток. Все это создает условия для поточной переработки древесной коры и активного ила в промышленных объемах, образующихся на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности.

Список литературы

1. Гаврилов Т.А., Станкевич Т.Б., Анпилогова О.А., Колесников Г.Н., Черняев Л.А. Debarking waste processing: a systematic review // Resources and Technology. – 2016. – № 13 (3). – С. 71-77.
2. Лысенко В.П. Перспективная технология переработки помета // Птицеводство. – 2011. – № 1. – С. 52-54.
3. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Рециклинг отходов в АПК: справочник. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с.
4. Ковалев Н.Г., Полозова В.Г., Барановский И.Н. Утилизация органического сырья биоконверсией в удобрения // Техника и оборудование для села. – 2009. – № 9. – С. 25-27.
5. Мельников С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос, 1978. – 560 с.

References

1. Gavrilov T.A., Stankevich T.B., Anpilogova O.A., Kolesnikov G.N., Chernyaev L.A. Debarking waste processing: a systematic review // Resources and Technology. – 2016. – No 13 (3). – P. 71-77.
2. Lysenko V.P. Promising technologies of manure processing // Poultry. – 2011. – No 1. – P. 52-54.

3. Golubev I.G., Shvanskaya I.A., Konovalenko L.Yu., Lopatnikov M.V. Agricultural waste recycling: handbook. – Moscow: FSBI "Rosinformagroteh", 2011. – 296 p.
4. Kovalev N.G., Polozova V.G., Baranovsky I.N. Organic raw material utilization into fertilizer by bioconversion method // Machinery and equipment for rural area. – 2009. – No 9. – P. 25-27.
5. Melnikov S.V. Mechanization and automation of livestock farms. – Leningrad: Kolos, 1978. – 560 p.

Колесников Геннадий Николаевич – доктор технических наук, профессор, kgn@petsu.ru	Kolesnikov Gennady Nikolaevich – doctor of engineering sciences, professor, kgn@petsu.ru
Гаврилов Тиммо Александрович – кандидат технических наук, доцент, gavrilohta@yandex.ru	Gavrilov Timmo Alexandrovich – candidate of technical sciences, associate professor, gavrilohta@yandex.ru
Станкевич Татьяна Борисовна – старший преподаватель, gladiolus@list.ru	Stankevich Tatyana Borisovna – senior lecturer, gladiolus@list.ru
Петрозаводский государственный университет, г. Петрозаводск, Россия	Petrozavodsk state university, Petrozavodsk, Russia

Received 14.07.2020