УДК 622.621.311.21

Байшуакова Кымбат Муратовна, магистрант
(Омский ГАУ, г. Омск)
Kymbat Muratovna Baishuakova, Master's student
(OmSAU, Omsk)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ НАВОЗА КРУПНОГО РОГАТОГО СКОТА ДЛЯ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF CATTLE MANURE PROCESSING AND DISPOSAL METHODS FOR THE SELECTION OF AN EFFECTIVE TECHNOLOGY

Аннотация: В работе сопоставлены методы переработки и утилизации навоза крупного рогатого скота, среди которых пассивное и активное буртовое компостирование, аэробная ферментация в установках камерного и барабанного типов, термическая сушка, а также анаэробное сбраживание и вермикомпостирование. Сравнение ведется по экологическим критериям (выбросы азота, санитарная безопасность) и технологическим факторам (продолжительность процесса, требования к оборудованию, влажность исходного сырья). Универсально эффективного метода, как показано в работе, не существует. Выбор технологии упирается в конкретные приоритеты сельскохозяйственного предприятия.

Abstract: The paper compares methods of processing and disposal of cattle manure, including passive and active on-board composting, aerobic fermentation in chamber and drum plants, thermal drying, as well as anaerobic digestion and vermicomposting. The comparison is made according to environmental criteria (nitrogen emissions, sanitary safety) and technological factors (process duration, equipment requirements, raw material moisture). As shown in the paper, there is no universally effective method. The choice of technology rests on the specific priorities of the agricultural enterprise.

В статье сопоставлены способы переработки и утилизации навоза крупного рогатого скота: пассивное и активное буртование, аэробная ферментация в камерных и барабанных установках, термическая сушка, анаэробное сбраживание и вермикомпостирование. Сравнение ведем по экологическим критериям (выбросы азота, санитарная безопасность) и технологическим факторам (длительность процесса, требования к оборудованию, влажность сырья). Универсального метода нет. Выбор технологии зависит от того, какие задачи предприятие ставит в приоритет.

Экологическая безопасность сельхозпроизводства выходит на первый план. Германия, США, Канада, Нидерланды поставили снижение нагрузки на природу в число долгосрочных целей развития. Агропромышленный комплекс при этом дает заметную долю общих экологических рисков. Распыление пестицидов, стоки с полей и обработка почвы накапливаются в ландшафте десятилетиями, из-за чего сказываются далеко за пределами самих хозяйств.

Молочное животноводство дает до двух третей от общей массы производимого навоза, поэтому именно эта отрасль лидирует по объему отходов. Переработанный навоз крупного рогатого скота работает как высококачественное органическое удобрение: улучшает гумусовый слой почвы и служит сырьем для подстилочного материала. Предприятие сокращает операционные расходы на приобретение подстилки и повышает рентабельность [2]. Отходы превращаются в ресурс.

Сдвиги в структуре животноводства, новые методы содержания животных и удаления навоза ставят перед наукой и аграрным сектором задачу разработать и внедрить технологии обращения с навозом. Они должны быть экологически безопасными, экономически доступными и адаптированными к конкретным природно-климатическим условиям [5].

Система содержания животных задает, каким выходит навоз с фермы - твердым или полужидким. Дальше технологию обращения с ним подбирают по виду навоза, запасу земельных угодий, набору культур в севообороте и технической оснащенности предприятия, поскольку все эти обстоятельства связаны между собой и каждое сужает поле возможных решений. Выбор здесь не свободный.

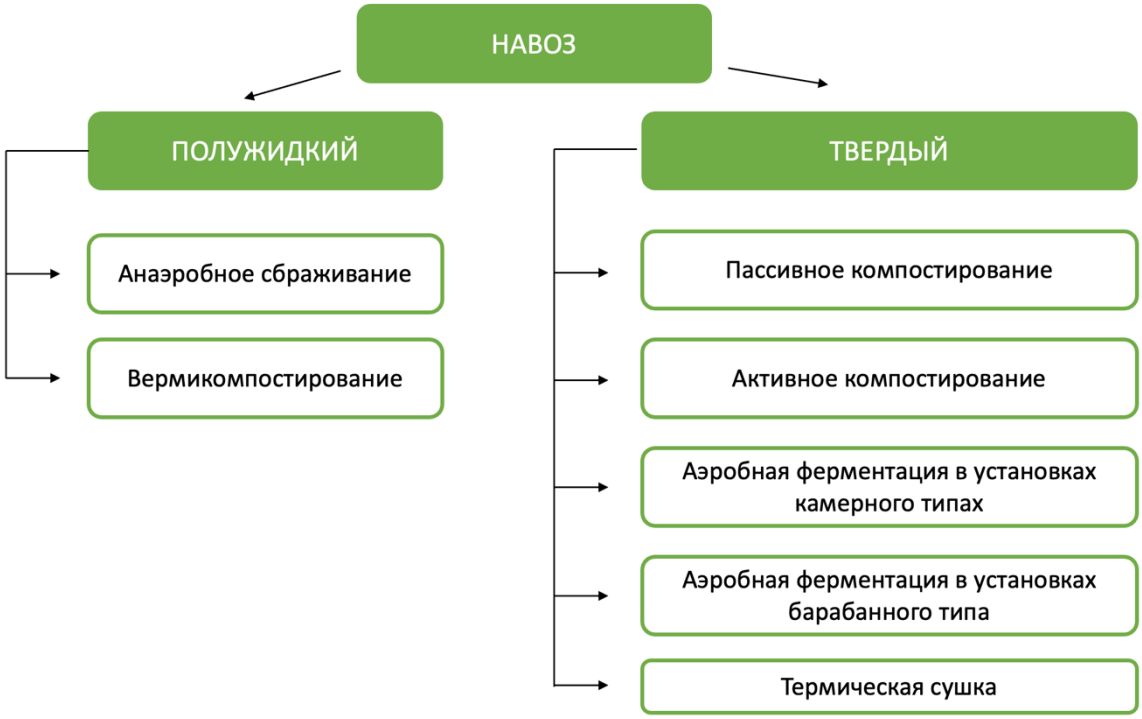

Рис. 1. Технологии утилизации навоза КРС в зависимости от влажности

Беспривязное содержание скота распространяется все шире. Навоз от него выходит заметно влажнее. Из-за этого сельхозпредприятия одна за другой ставят механические разделители навоза на фракции (рис. 1), поскольку такая техника урезает нужный объем навозохранилищ и открывает путь к переработке, подогнанной под свойства твердой и жидкой фракций порознь.

Были рассмотрены следующие методы переработки навоза.

Пассивное компостирование в буртах опирается на естественное биологическое обеззараживание навоза - чистого или смешанного с влагопоглощающими материалами - на бетонных площадках либо специально подготовленных участках. Сырье должно иметь влажность ≤ 75% и соотношение углерода к азоту (C/N) в диапазоне 15-20:1. Летом процесс длится 2 месяца, зимой - 3. Переработка идет при широком диапазоне влажности (60-92% с добавками), высококвалифицированный персонал не нужен, конструкция проста, капитальные затраты низки. Обратная сторона - долгий срок переработки, неравномерность созревания, зависимость от погодных условий, риск стока фильтрата, а потери азота достигают 27% [4], из-за чего метод уступает более интенсивным схемам там, где важна скорость оборота сырья.

При активном компостировании в буртах процесс идет на водонепроницаемых площадках, а бурты трижды аэрируют с интервалом в 9 дней; всего цикл занимает 40-45 суток. Переработка укладывается в 1,5 месяца, площадь под компостирование сокращается до 40%, созревание идет равномернее. Расплата тоже ощутима: эксплуатационные расходы выше, поскольку нужны аэрационное оборудование и биологические добавки, при отрицательных температурах процесс не провести, а потери азота достигают 16-22%.

Аэробную ферментацию в камерных установках ведут за счет насыщения органики кислородом. Часть вещества окисляется. Температура внутри массы поднимается выше 60 °C, из-за чего гибнут личинки и куколки мух, яйца гельминтов и патогенная микрофлора. Влажность держат на 55-65%, соотношение C/N - 15-25:1, плотность - не выше 0,65 т/м³, продолжительность - 7-9 дней. К достоинствам относят низкое энергопотребление, короткий срок переработки, потери азота на уровне 13-20%, а также возможность продавать полученное удобрение в розницу. Мешают жесткие требования к физическим свойствам сырья, партийный характер процесса и отсутствие перемешивания [2].

Аэробную ферментацию ведут в барабанных установках: емкость биоферментера вращается, отчего процесс идет стабильно, а масса созревает равномерно. Режимы работы - периодический (циклический) и непрерывный. Влажность держат на уровне 55-65%, соотношение C/N - 15-

25:1, плотность - не выше 0,65 т/м³, цикл длится 3-4 дня. К плюсам относят автоматизацию, активное перемешивание, непрерывность, потери азота всего 4-8% и попутную подстилку для крупного рогатого скота. Минусы - дорогое оборудование (биоферментер на 10 т/сут обходится примерно в 4,5 млн рублей), большой расход энергии и сложная конструкция.

Термическая сушка сокращает массу навоза в 3-4 раза, а физические свойства сухого удобрения позволяют вносить его стандартными разбрасывателями минеральных удобрений. Преимущества: очень низкая влажность конечного продукта (12-15%), отсутствие запаха, короткий срок переработки (1-2 дня), возможность грануляции. Недостатки: высокие капитальные и эксплуатационные расходы, конструктивная сложность, высокая металлоемкость, потери азота до 50%.

Анаэробное сбраживание, то есть получение биогаза, переводит навоз в герметичных реакторах без доступа кислорода в биогаз (метан) и дигестат. Это дает возобновляемую энергию, замыкает цикл без выбросов метана в атмосферу, сохраняет высокое содержание азота в дигестате и обеспечивает санитарную безопасность. Вместе с тем высокие капитальные затраты, потребность в стабильном поступлении сырья, поддержании постоянной температуры и квалифицированном обслуживании сдерживают распространение технологии. Согласно обзору ФАО (FAO AGRIS), анаэробное сбраживание и производство биоугля в закрытых системах признаны наиболее экологически эффективными методами [2]. Дешевизной такой цикл не отличается.

При вермикомпостировании навоз перерабатывают дождевые черви, получая биогумус. Удобрение выходит качественное, парниковых газов выделяется мало, а малые объемы не требуют сложной техники. Процесс, однако, тянется 60-90 дней и чувствителен к температуре и влажности, из-за чего масштабировать его трудно.

На основе анализа этих методов была составлена сравнительная таблица (Таблица 1).

Таблица 1. Сравнение методов переработки навоза крупного рогатого скота по ключевым критериям выбора

Метод	Срок, сут.	Потери N, %	Обеззараживание	Основное ограничение
Пассивное компостирование	60–90	20–27	неполное	длительность, зависимость от погоды
Активное компостирование	40–45	19–22	частичное	нужна техника для аэрации
Ферментация (камерный тип)	7–9	13–20	полное	жёсткие требования к сырью
Ферментация (барабанный тип)	3–4	4–8	полное	высокая стоимость оборудования
Термическая сушка	1–2	до 50	полное	энергоёмкость, потери азота
Анаэробное сбраживание	20–40	низкие	полное	капзатраты, стабильность сырья
Вермикомпостирование	60–90	низкие	частичное	чувствительность к условиям

Сравнение методов переработки навоза крупного рогатого скота не выявило универсального решения. Выбор технологии упирается в приоритеты самого хозяйства: минимизировать затраты, сократить выбросы, получить энергию или наладить выпуск качественных удобрений.

Экологически наиболее предпочтительны закрытые технологии, поскольку аэробная ферментация в барабанных установках дает минимальные потери азота (4-8%) и полностью обеззараживает продукт за 3-4 дня, тогда как ферментация в камерах занимает промежуточное положение (потери азота 13-20%). Термическая сушка при всей скорости процесса и низкой влажности конечного продукта обходится дороже прочих решений и уносит с собой до 50% азота. Анаэробное сбраживание и вермикомпостирование в основной экономический анализ не вошли. Между тем это перспективные альтернативы. Первое подходит хозяйствам, нацеленным на биогаз и замкнутые циклы, второе - для небольших объемов высококачественных удобрений. Выбор диктует масштаб хозяйства.

Хозяйствам, которые переходят на беспривязное содержание скота, стоит разделять навоз на жидкую и твердую фракции и перерабатывать каждую по-своему: жидкую отправляют на длительное хранение, твердую подвергают биоферментации в камерных или барабанных установках. Технологии эти обходятся дороже буртового компостирования. Зато выбросы аммиака падают. Продукт обеззараживается за сжатые сроки, поскольку камерная и барабанная биоферментация укладывается в принципы наилучших доступных технологий и требования экологической безопасности.

Список литературы

1. Афанасьев В.Н. Обоснование и разработка технологий и технических средств для производства экологически безопасных, биологически активных удобрений на основе отходов животноводства и птицеводства: дис. … д-ра техн. наук в форме научного доклада: 05.20.01. СПб, 2000. 80 с.
2. Брюханов А.Ю., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Проектирование наилучших доступных технологий утилизации навоза и помета // Вестник Всероссийского научно- исследовательского института механизации животноводства. 2017. № 3 (27). С. 124-127.
3. Брюханов А.Ю. и др. Утилизация навоза/помета на животноводческих фермах дляобеспечения экологической безопасности территории, наземных и подземных водныхобъектов в Ленинградской области / А.Ю. Брюханов, Д.А. Максимов, Э.В. Васильев, И.А.Субботин, С.Я. Чернин, Ю.С. Парубец, А.Л. Гарзанов; под общ. ред. В.И. Могилевцева. СПб: изд-во СЗНИИМЭСХ, 2012. 237 с.
4. Васильев Э.В. Результаты экспериментальных исследований процесса пассивного компостирования // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2015. № 86. С. 112-118.
5. Методические рекомендации по технологическому проектированию систем удаления и подготовки к использованию навоза и помета РД-АПК 1.10.15.02-17. М.: Росинформагротех, 2017. 166 с.