

## ИНЖЕНЕРНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО УТИЛИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ В АПК

Абдурахмонов С. Б.

Бозоров Б.Ф.

магистр 2 курса.

Соколова И.В.

Научный руководитель к. п. н, доцент

ФГБОУ ВО КубГАУ, г. Краснодар, РФ

Каршинский государственный технический университет, г. Карши.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.23219598>

Агропромышленный комплекс (АПК) представляет собой стратегически значимый сектор экономики, обеспечивающий продовольственную безопасность государства и устойчивое социально-экономическое развитие сельских территорий.

Его функционирование охватывает широкий спектр производственных процессов, связанных с производством, переработкой и хранением сельскохозяйственной продукции.

В процессе осуществления хозяйственной деятельности в данной отрасли формируются значительные объёмы отходов различного происхождения, включая органические остатки растительного и животного происхождения, техногенные компоненты, к которым относятся упаковочные материалы, агрохимические препараты и изношенная сельскохозяйственная техника (рис. 1). Указанные виды отходов требуют комплексного и системного подхода к их учёту, переработке и экологически безопасной утилизации.



Рисунок 1 – Классификация промышленных отходов АПК

Неконтролируемое накопление производственных отходов в АПК является одной из наиболее актуальных экологических проблем современного сельского хозяйства, оказывая негативное воздействие на природную среду и устойчивость агроландшафтов. В условиях интенсификации аграрного производства существенно возрастает общий объём образующихся отходов, что обусловлено увеличением поголовья животных, расширением посевных площадей и активным применением агрохимических средств.

При отсутствии эффективной системы управления отходами происходит накопление, сопровождающееся нарушением естественных биогеохимических циклов и деградацией отдельных компонентов окружающей среды.

Органические отходы животноводческого и растениеводческого происхождения, включающие навоз, помёт, подстилочные материалы, солому и пожнивные остатки, при несоблюдении санитарных и технологических требований к их хранению и переработке подвергаются неконтролируемым процессам микробиологического разложения. В ходе данных процессов в окружающую среду поступают соединения азота и фосфора, тяжёлые металлы, патогенные микроорганизмы и яйца гельминтов. Это приводит к ухудшению агрохимических показателей почв, снижению их биологической активности и нарушению структурного состояния, а также к формированию очагов вторичного загрязнения сельскохозяйственных угодий.

Одним из наиболее опасных последствий нерационального обращения с отходами АПК является загрязнение водных объектов. Проникновение жидких фракций навоза и сточных вод животноводческих комплексов в почвенный профиль способствует миграции нитратов, аммонийных соединений и органических веществ в грунтовые воды, что создаёт угрозу для систем питьевого водоснабжения сельских населённых пунктов. Попадание биогенных элементов в поверхностные водоёмы инициирует процессы эвтрофикации, сопровождающиеся интенсивным развитием водорослей, снижением концентрации растворённого кислорода и деградацией гидробиоценозов. [1]

Значительное воздействие отходы АПК оказывают и на состояние атмосферного воздуха. В процессе анаэробного разложения органических масс образуются аммиак, сероводород, метан, закись азота, относящиеся к числу приоритетных загрязняющих веществ и парниковых газов. Повышение их концентраций в приземном слое атмосферы приводит к ухудшению санитарно-гигиенических условий проживания населения, формированию стойких неприятных запахов и увеличению риска заболеваний органов дыхания. Одновременно эмиссия метана и закиси азота усиливает вклад аграрного сектора в глобальные климатические изменения.

В соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, в частности Федерального закона № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления», обращение с отходами должно основываться на принципах обязательного учёта, классификации по степени опасности и применения технологий, минимизирующих негативное воздействие на окружающую среду. Нормативно-правовое регулирование в сфере АПК ориентировано на формирование замкнутых производственных циклов, предусматривающих вовлечение отходов в повторный хозяйственный оборот в качестве вторичных материальных и энергетических ресурсов. [2] Государственная политика в области экологизации сельского хозяйства направлена на внедрение ресурсосберегающих, энергоэффективных и малоотходных технологий, включая биогазовые установки, процессы компостирования, вермикюльтивирования и аэробной стабилизации органических остатков. Реализация указанных направлений позволяет одновременно решать задачи снижения антропогенной нагрузки, повышения энергетической автономности аграрных предприятий и улучшения агроэкологического состояния земельных ресурсов.

Систематизация отходов агропромышленного комплекса предусматривает классификацию по происхождению, агрегатному состоянию, физико-химическим

характеристикам и уровню экологической опасности. Особую группу образуют отходы животноводства и растениеводства, характеризующиеся высоким содержанием органического вещества и потенциальной эпидемиологической опасностью. При отсутствии надлежащих условий хранения и переработки данные отходы становятся устойчивыми источниками выбросов загрязняющих веществ и биологических агентов, что обуславливает необходимость внедрения инженерно-технологических решений, направленных на биологическую стабилизацию, обеззараживание и рациональное использование органического сырья в качестве удобрений и биоэнергетического ресурса.

Одним из наиболее эффективных методов утилизации органических отходов является компостирование, представляющее собой контролируемый биотехнологический процесс разложения органического сырья под воздействием микроорганизмов с последующим получением высококачественного органического удобрения. [3] Для обеспечения оптимальных условий разложения применяются механизированные системы аэрации, обеспечивающие циркуляцию воздуха в компостной массе, терморегулирующие установки, поддерживающие температурный режим в диапазоне 55–65 °С, оптимальный для развития термофильных микроорганизмов. Данный температурный режим способствует ускорению минерализации органических веществ и обеспечивает обеззараживание массы от патогенной микрофлоры. [4] В современных промышленных установках компостирования используются ротационные аэраторы, вентиляторные каналы и биореакторы с автоматизированным контролем влажности, что позволяет сократить продолжительность процесса компостирования с 8–12 недель при традиционном открытом способе до 4–6 недель при промышленной переработке. Механизация процессов включает регулярное перемешивание отходов для равномерного распределения влаги и температуры, применение датчиков влажности и температуры для автоматического регулирования аэрации и режима работы оборудования. Конечным продуктом является стабилизированное органическое удобрение с устойчивыми физико-химическими характеристиками, которое может использоваться на сельскохозяйственных угодьях предприятия для повышения плодородия почв, формируя тем самым замкнутый цикл ресурсопотребления.

Перспективным направлением инженерной утилизации органических отходов является анаэробное сбраживание с получением биогаза. В процессе переработки навоза и побочных продуктов пищевой промышленности образуется газовая смесь, содержащая метан, которая используется для выработки электрической и тепловой энергии.

Остаточный субстрат после сбраживания применяется в качестве органического удобрения, что позволяет реализовать принцип безотходного использования ресурсов. [4]

Инженерные решения в сфере утилизации отходов АПК предполагают комплексную механизацию и автоматизацию всех этапов обращения с отходами, начиная от их сбора и транспортировки и заканчивая подготовкой к переработке и вторичному использованию. Эффективное разделение отходов на фракции является ключевым элементом инженерной стратегии, поскольку оно снижает нагрузку на последующие технологические стадии и позволяет максимально извлекать полезные компоненты. Для жидких и полужидких органических отходов, включая навоз, сточные воды животноводческих комплексов и побочные продукты переработки сельскохозяйственного сырья, применяются насосные системы высокого давления, шланговые транспортные линии и гидравлические насосы, обеспечивающие безопасную транспортировку

материала к объектам первичной переработки. На данных потоках устанавливаются механические сепараторы и центрифуги, позволяющие разделять твёрдую и жидкую фракции, что создаёт условия для их дальнейшей переработки путём компостирования, анаэробного сбраживания или производства биогаза. Для переработки неорганических отходов, включая металлические конструкции, пластиковые и резиновые элементы списанной сельскохозяйственной техники, применяются специализированные линии сортировки и подготовки материала к вторичной переработке. В их состав входят магнитные сепараторы для извлечения ферромагнитных металлов, электростатические и оптические установки для разделения пластмасс по типу полимера, а также дробильные и прессовые агрегаты для уменьшения объёма фракций и упрощения их транспортировки (рис. 2). Процесс утилизации списанной сельскохозяйственной техники представляет собой многоэтапную операцию, включающую демонтаж узлов, классификацию материалов по видам, их очистку от загрязнений и направленную передачу на специализированные перерабатывающие предприятия.



Рисунок 2 – Механическая сортировка неорганических отходов

Комплексный подход к обращению с отходами позволяет интегрировать их в замкнутый технологический цикл, минимизировать объёмы захоронения на полигонах, снизить нагрузку на окружающую среду и получить экономический эффект за счёт повторного использования ресурсов. Внедрение автоматизированных линий сортировки, комбинированных центрифуг и насосных систем обеспечивает высокую производительность процессов, контроль качества перерабатываемого сырья и соблюдение нормативов экологической безопасности, что соответствует современным требованиям устойчивого развития агропромышленного комплекса.

Экологическая безопасность при реализации инженерных решений обеспечивается за счёт соблюдения нормативов выбросов и сбросов загрязняющих веществ, за счёт организации производственного экологического контроля. Надзор за соблюдением требований природоохранного законодательства осуществляется специализированными государственными органами. В современных условиях важным направлением развития является формирование экономики замкнутого цикла, в рамках которой отходы

рассматриваются как вторичные ресурсы. Информационное сопровождение и популяризация данных подходов отражаются в материалах средств массовой информации и официальных документах государственных структур.

Применяемые методы утилизации промышленных отходов в АПК представляют собой интеграцию биотехнологических процессов, механизированных методов переработки и систем экологического мониторинга. Биотехнологические подходы включают компостирование органических остатков и анаэробное сбраживание с получением биогаза, что обеспечивает преобразование отходов в энергетические и агрохимические ресурсы. Механические методы охватывают сортировку, измельчение, прессование и переработку неорганических материалов, включая металл, пластик и резину, а также демонтаж и подготовку списанной сельскохозяйственной техники к вторичному использованию. Системы экологического контроля обеспечивают соблюдение нормативов по выбросам и сбросам, мониторинг содержания патогенной микрофлоры, токсичных элементов и газообразных соединений, что позволяет минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Внедрение комплексного подхода к утилизации отходов способствует не только снижению экологических рисков, но и повышению энергоэффективности и экономической устойчивости аграрных предприятий за счёт оптимизации потребления ресурсов, производства органических удобрений и генерации возобновляемой энергии. Таким образом, интеграция биотехнологических методов, механических технологий переработки и систем экологического контроля является ключевым условием обеспечения устойчивого развития агропромышленного комплекса и формирования замкнутого цикла ресурсопотребления.

#### **Библиографический список**

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Эвтрофикация>
2. [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_19109/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/)
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Компост#Компостирование>
4. [https://naukaru.ru/ru/nauka/article/96711/view?utm\\_source](https://naukaru.ru/ru/nauka/article/96711/view?utm_source)