

**Восковская Екатерина Вадимовна,**

студент 3 курса, естественно-географический факультет, ФГБОУ «Курский  
государственный университет»

**Ильина Ксения Вячеславовна,**

студент 3 курса, естественно-географический факультет, ФГБОУ «Курский  
государственный университет»

**Жердева Елена Александровна,**

студент 3 курса, естественно-географический факультет, ФГБОУ «Курский  
государственный университет»

**Басова Ангелина Юрьевна,**

студент 3 курса, естественно-географический факультет, ФГБОУ «Курский  
государственный университет»

## **МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОТХОДОВ**

**Аннотация:** В данной статье представлен системный анализ современных методов утилизации отходов сельскохозяйственного производства. Цель работы — классифицировать основные виды агроотходов по их происхождению и физико-химическим свойствам и на этой основе определить оптимальные технологии их переработки для каждой категории. Подробно рассмотрены биологические, термические и химические методы, оценены их экологическая и экономическая эффективность, области применения, преимущества и ограничения. Делается вывод о том, что устойчивое развитие агросферы невозможно без внедрения дифференцированных, адаптированных к конкретному типу отходов схем утилизации, позволяющих трансформировать экологическую проблему в ресурсную возможность.

**Ключевые слова:** Переработка, отходы, сельское хозяйство, компостирование, анаэробное снабжение, пиролиз.

**Введение:** Современное сельское хозяйство, будучи основой продовольственной безопасности, одновременно является генератором значительных объемов разнородных отходов. Их накопление создает серьезные

экологические риски: загрязнение почв и водных ресурсов, эмиссию парниковых газов, развитие патогенной микрофлоры. В этой связи проблема рациональной утилизации агроотходов трансформируется из сугубо санитарной задачи в комплексную научно-практическую проблему, лежащую на стыке экологии, экономики и ресурсосбережения. Эффективное управление отходами предполагает не просто их ликвидацию, но максимальное извлечение полезных компонентов с возвратом в хозяйственный оборот в виде энергии, удобрений или вторичного сырья. Ключевым шагом для построения такой системы является четкая классификация отходов и последующий подбор адекватных методов переработки, учитывающих их специфику. Настоящая статья посвящена решению этой задачи путем сопоставления характеристик основных групп сельскохозяйственных отходов с потенциалом существующих утилизационных технологий.

Все многообразие отходов агропромышленного комплекса можно структурировать в несколько крупных категорий, принципиально различающихся по составу, агрегатному состоянию, биохимической активности и потенциальной опасности.

К первой и наиболее объемной категории относятся растительные остатки. Это побочная продукция растениеводства, включающая солому злаковых культур, стебли кукурузы и подсолнечника, ботву корнеплодов, плодовые оболочки (шелуха, скорлупа), выжимки и жом после переработки фруктов и овощей, а также отходы лесоводства (опилки, щепа, кора). Их объединяет высокое содержание лигноцеллюлозного комплекса, относительно низкая влажность и значительный объем, что требует решений, ориентированных на переработку больших масс волокнистого материала.

Вторая ключевая группа — органические отходы животноводства и птицеводства. К ним относятся навоз и помет, стоки животноводческих комплексов, падеж животных, отходы инкубации, а также содержимое желудочно-кишечного тракта. Эти отходы характеризуются высокой влажностью, концентрированным содержанием азота, фосфора и калия, значительной микробиологической обсемененностью, включая патогены, и интенсивным

газовыделением при хранении. Их утилизация является критически важной с точки зрения эпидемиологической безопасности и предотвращения локального эвтрофирования природных сред.

Третья, гетерогенная группа, объединяет специфические и техногенные отходы. Сюда входят непригодные к использованию пестициды и агрохимикаты, тара из-под них (часто загрязненная остатками), изношенные полимерные материалы (пленка, сетка, мешки, капельные ленты), отработанные масла и жидкости, металлолом. Данная категория представляет наибольшую опасность из-за потенциального содержания стойких органических загрязнителей, тяжелых металлов и неразлагаемых компонентов, требующих особых, часто деструктивных, методов обезвреживания.

Универсального метода для переработки столь разнородных потоков не существует. Эффективность и целесообразность применения той или иной технологии напрямую зависят от соответствия ее принципов действия характеристикам конкретного вида отхода.

Для растительных остатков с их высоким содержанием клетчатки наиболее естественными и широко применимыми являются биологические методы. Компостирование — оптимальный путь для большей части этой категории. Суть процесса заключается в окислении органики микроорганизмами в присутствии кислорода до состояния стабильного гумуса. К его несомненным преимуществам относятся относительная простота организации, низкие капитальные затраты, получение экологически безопасного и ценного удобрения, улучшающего структуру почвы. Основные недостатки — длительность процесса (от 3 до 12 месяцев), необходимость тщательного контроля параметров (влажность, аэрация, соотношение C:N) для предотвращения закисания или возгорания, значительные потери азота в форме аммиака, а также потребность в больших площадях. Метод особенно эффективен для соломы, ботвы, садового опада.

Альтернативой или дополнением выступает метановое брожение (анаэробная дигестия), к которому особенно предрасположены сочные растительные отходы (выжимки, жом, испорченные плоды) в ко-переработке с навозом. Это наиболее предпочтительный и высокотехнологичный способ

переработки жидких и сочных растительных остатков (жом, барда, силос). Процесс протекает в герметичных реакторах (биогазовых установках) без доступа кислорода. Главные преимущества — комплексность: одновременно производится биогаз (возобновляемый источник энергии для тепло- и электроснабжения), а также обеззараженный и легкоусвояемый дигестат, используемый как жидкое удобрение. Метод эффективно снижает эмиссию парниковых газов и устраняет неприятные запахи. К недостаткам относят высокие первоначальные инвестиции, сложность эксплуатации и контроля микробиологического процесса, необходимость поддержания постоянной температуры и чувствительность метаногенного сообщества к ингибиторам (например, к антибиотикам). Для сухих, низковлажных растительных остатков (солома, щепа) перспективны методы термохимической конверсии, такие как пиролиз и газификация. Они позволяют получить из биомассы синтез-газ, биоуголь и жидкие топливные фракции, концентрируя энергию и создавая продукты с высокой добавочной стоимостью. Данные технологии идеально подходят для переработки сухих, лигноцеллюлозных растительных остатков (лузга, солома, древесная щепа), а также могут рассматриваться для некоторых видов полимерных отходов. В процессе пиролиза (нагревание без кислорода) или газификации (частичное окисление) сырье преобразуется в газообразные (синтез-газ), жидкие (бионефть) и твердые (биоуголь) продукты. Ключевые преимущества — высокая скорость переработки, возможность утилизации отходов с низкой влажностью, производство энергоносителей и ценного биоугля, который является долговременным депо для углерода и улучшает свойства почв. Существенными минусами являются высокая капиталоемкость установок, необходимость сложной очистки получаемых продуктов, а также строгие требования к однородности сырья по влажности и размеру частиц.

Органические отходы животноводства, в силу их высокой влажности и биоактивности, являются идеальным субстратом для анаэробного сбраживания. Этот метод решает сразу несколько задач: обеззараживает отходы, сокращая патогенную микрофлору, производит биогаз (возобновляемый источник энергии) и создаёт высококачественное органическое удобрение — дигестат, лишённое

запаха и с улучшенной усвояемостью питательных элементов. Для мелких хозяйств или в качестве этапа предварительной подготовки может применяться и компостирование, часто в смеси с углеродистыми растительными материалами (солома, опилки) для оптимизации соотношения C:N и обеспечения структуры штабеля.

Для наиболее проблематичной категории — специфических и техногенных отходов — применяются в основном деструктивные методы. Высокотемпературное сжигание в специализированных инсинераторных установках остается основным способом обезвреживания биологически опасных отходов (падеж, ветеринарные отходы) и непригодной тары из-под химикатов. Его основное достоинство — полное и гарантированное уничтожение патогенов, токсинов и органических загрязнителей при соблюдении технологического регламента. Однако недостатки крайне серьезны: высокий риск образования и выброса в атмосферу диоксинов, фуранов и тяжелых металлов при сжигании неподготовленных или неоднородных отходов; необходимость в дорогостоящих системах газоочистки; безвозвратная потеря органического вещества и питательных элементов. Поэтому применение инсинерации должно быть строго регламентировано и ограничено только теми случаями, когда иные методы неприменимы. Современные установки, оборудованные системами многоступенчатой газоочистки, минимизируют выбросы диоксинов и других токсичных соединений. Для пластиковых отходов, не содержащих галогенов, перспективен пиролиз, позволяющий получать жидкое топливо или сырье для химической промышленности. Остатки пестицидов и особо опасные вещества подлежат утилизации на специализированных предприятиях методами химической нейтрализации или захоронения после отверждения.

Таким образом, эффективная система утилизации сельскохозяйственных отходов должна строиться на принципе дифференциации. Выбор метода является функцией от вида отхода: для растительных остатков доминируют компостирование и термохимическая конверсия; для жидкой органики животноводства — анаэробное сбраживание; для опасных техногенных отходов — контролируемое сжигание или специальная химико-термическая обработка.

Наиболее устойчивые и экономически целесообразные модели предполагают не изолированное применение отдельных технологий, а их интеграцию в комплексные схемы. Например, совместная переработка навоза и растительных остатков в биогазовой установке с последующим компостированием дигестата. Развитие таких интегрированных подходов, поддержанное адекватной нормативной базой, инвестициями в инфраструктуру и просвещением производителей, является обязательным условием для перехода сельского хозяйства к экономике замкнутого цикла, где отходы перестают быть бременем и становятся ресурсом для развития.

### Список литературы

1. Министерство сельского хозяйства РФ. Статистические материалы по обращению с сельскохозяйственными отходами [Электронный ресурс]. — URL: <https://mcx.gov.ru/>
2. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). Global food losses and food waste — Extent, causes and prevention. Rome, 2011. — 48 p.
3. Павловская Н. Е., Ляшук Р. Н., Гнеушева И. А. Биоконверсия отходов сельскохозяйственного производства в коммерчески значимые продукты // АПК: экономика, управление. — 2016. — № 9. — С. 76–81.
4. Бредихин В. П., Темникова Я. И., Голотова И. В. Переработка навозных стоков свиноводческих комплексов на биогазовых станциях с целью получения высокоэффективных органических биоудобрений // Агроэкология. — 2014. — № 1. — С. 56–61.
5. Мишустин О. А., Желтобрюхов В. Ф., Грачева Н. В. и др. Обзор развития и применения технологии пиролиза для переработки отходов // Молодой учёный. — 2018. — № 45. — С. 42–45. — URL: <https://moluch.ru/archive/231/53604/>