

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ -
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА

В.И. Пляка, А.И. Панов, А.А. Манохина, С.М. Михайличенко

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Учебное пособие

Москва, 2024

УДК 628.4

Рецензенты – **Голубев И.Г.** – д. техн. н., профессор, главный научный сотрудник отдела научно-информационного обеспечения инновационного развития АПК ФГБНУ «Российской научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерному обеспечению АПК – Росинформагротех»

Старовойтова О.А. – д. с.-х. н., главный научный сотрудник отдела технологии и инновационных проектов ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха»

Перспективные технологии рециклинга растительного сырья: учебное пособие / В.И. Пляка, А.И. Панов, А.А. Манохина, С.М. Михайличенко. – М. : ООО «Сам Полиграфист», 2024. – 104с.

ISBN 978-5-00227-225-9

Приведены классификация отходов растениеводства, сведения об объемах их образования, основные направления использования, современные технологии и оборудование по переработке растительных отходов на пищевые, кормовые и технические цели. Предназначено для специалистов агропромышленного комплекса, может использоваться в системе образования.

В предлагаемом учебном пособии рассмотрены вопросы расчета биогазовой установки и приведены варианты заданий для выполнения расчетно-графических и курсовых работ.

Учебное пособие адресовано студентам очного и заочного обучения бакалавриата и магистратуры по направлению «Агроинженерия», а также аспирантам, ассистентам.

Рекомендовано к изданию учебно-методической комиссией Института механики и энергетики имени В.П. Горячкина РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, протокол № 10 от 22 апреля 2024 г.

УДК 628.4

ISBN 978-5-00227-225-9

© Пляка В.И., 2024
© ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА
имени К.А. Тимирязева, 2024

ВВЕДЕНИЕ

По прогнозам экспертов, к 2050 г. количество образующихся отходов в мире возрастет до 3,4 млрд т, в России ежегодно образуется около 70 млн т отходов и их количество растет, поскольку большая часть отправляется на свалку [1]. Подобные свалочные полигоны загрязняют атмосферу, поверхностные слои почвы, подземные воды и грунт, негативно влияют на растительный и животный мир, ухудшают качество жизни населения близлежащих территорий, выводят землю из хозяйственного оборота [2].

Из-за угрожающей экологии ситуации с отходами, характерной в разной степени для большинства стран мира, набирает популярность движение 3R: Reduce, Reuse, Recycle («Сокращай, повторно используй, перерабатывай») – это три базовых принципа обращения с отходами в рамках ответственного потребления и концепции «ноль отходов», следование которым поможет спасти планету от превращения в огромную свалку. В данном обзоре авторами рассмотрен один из этих принципов – рециклинг, т.е. переработка произведенных отходов растениеводства в полезную продукцию [3].

Ситуация с отходами в Российской Федерации регулируется ФЗ № 89 «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 (в ред. от 19.12.2022 с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.03.2023), определяющим правовые основы обращения с отходами, а также вовлечение их в производственный оборот [4], и ФЗ № 7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 (в ред. от 14.07.2022 с изменениями и дополнениями, вступившими в силу с 01.03.2023), в котором рассмотрены вопросы поддержания или восстановления необходимого для качественного функционирования биосферы состояния окружающей среды, сохранения биологического разнообразия, комплексной переработки ресурсов в целях уменьшения количества отходов [5], а также рядом ГОСТ.

На увеличение объемов переработки отходов направлена реализация отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в сфере сельского хозяйства на 2022-2030 годы», утвержденной распоряжением Правительства

Российской Федерации 29 декабря 2022 г., ответственным исполнителем которой является Минсельхоз России [6].

Анализ данных документов позволил определить приоритетные направления государственной политики в области обращения с отходами, такие как максимальное использование перерабатываемого сырья; сокращение и, по возможности, предотвращение образования отходов, снижение класса их опасности; эффективные обработка, обезвреживание и утилизация. Реализовать указанные направления возможно с помощью внедрения технологий рециклинга, которые рассмотрены далее.

1. ВТОРИЧНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ И ОТХОДЫ АПК

В результате сельскохозяйственного производства образуются:

- *основная продукция* – является товарной, имеет стандарт и цену, для ее получения создано и осуществляется данное производство;
- *побочный продукт*, пригодный как сырье или используемый для потребления в качестве готовой продукции, обычно является товарным, имеет стандарт или технические условия, цену;
- *отходы производства*, не используемые в непосредственной связи с этой деятельностью и утратившие свои потребительские свойства.

Отходы делятся на используемые и неиспользуемые.

Используемые отходы производства – отходы, относительно которых имеются возможность и целесообразность использования непосредственно или после обработки, рассматриваются как вторичные сырьевые ресурсы (ВСР).

К этой группе отходов относится наибольшее количество отходов в АПК, которые могут быть реализованы в дальнейшем (после дополнительной подработки) в качестве сырья или добавок к нему при производстве новой продукции либо непосредственно (без переработки) как продукция другого назначения (например, корма).

Неиспользуемые отходы – отходы производства, для которых не установлена возможность или целесообразность использования как непосредственно, так и после обработки. Однако с внедрением прогрессивных технологических процессов, передовой техники, новых видов сырья и изменением спроса на вырабатываемую продукцию отходы производства могут менять свою общественную полезность. Так, неиспользуемое или малоиспользуемое сырье может стать исходным материалом для получения других конечных и промежуточных продуктов, приобрести качество товара и стать объектом купли-продажи [7, 8]. Далее для удобства изложения вторичные сырьевые ресурсы и отходы АПК будут именоваться единым термином – отходы.

По разным источникам, общее количество сельскохозяйственных отходов достигает 630-650 млн. т. На рисунке 1 представлена структура объемов образования отходов в АПК.

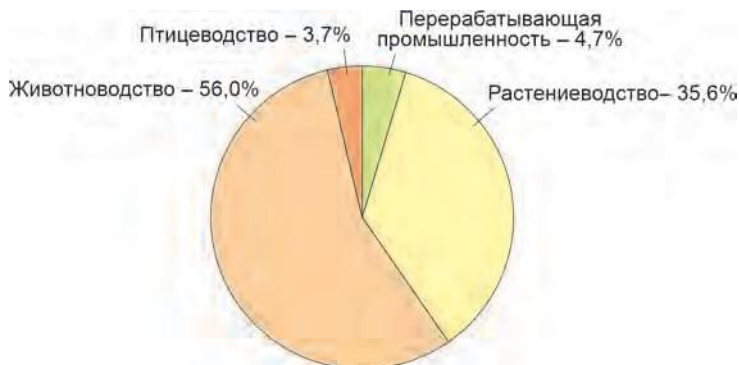


Рис. 1. Структура объемов образования отходов в АПК Российской Федерации

Наибольшая часть отходов приходится на отрасль животноводства – 56%, второе место занимают отходы растениеводства – 35,6%, на долю перерабатывающих отраслей приходится 4,7% [9].

На рисунке 2 представлены результаты экспертной оценки продовольственных потерь на каждом из этапов производственно-сбытовой цепочки по отраслям растениеводства, животноводства, рыболовства.

Анализ представленных данных показал, что разброс относительных показателей объема потерь на каждом этапе довольно большой (в диапазоне от 5 до 50%), что обусловлено различными методиками определения потерь. В растениеводстве наибольшие потери образуются на этапах выращивания, сбора и реализации продукции. В силу обширных территорий сельскохозяйственных угодий, разных природно-климатических зон в среднем потери только на этапе сбора варьируются от 5 до 10%, а в отдельных случаях могут достигать 50% общего объема [10].

Отходы АПК можно классифицировать по определенным признакам [7]: источникам образования, отраслевой принадлежности, агрегатному состоянию, технологическим стадиям получения, возможности повторного использования без доработки,

материалоемкости, степени использования, направлениям последующего использования, степени воздействия на окружающую среду.

	 Производство продукции, %	 Обработка и переработка, %	 Транспортировка, хранение, %	 Реализация, %
Растениеводство	До 10-30	До 10-25	До 15	До 30-45
Молочное животноводство	До 10-50	До 10-25	До 15-35	До 5-10
Мясное животноводство	До 20-30	До 1-5	До 10-15	До 5
Рыболовство	До 20-30	До 5-20	До 10	До 5-10
	↓ Средние значения ↓			
	До 10-30 (до 45 – в рыболовстве)	До 5-30 (до 50 – в рас- тениеводстве)	До 5-15 (до 30 – в рас- тениеводстве)	До 10-30

Рис. 2. Продовольственные потери в отраслях на различных этапах производственно-сбытовой цепочки

Представленная классификация достаточно условна. Полный учет всех признаков возможен лишь при конкретном рассмотрении каждого вида отходов.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение используемым отходам производства.
2. Что относится к используемым отходам производства.
3. Дайте определение неиспользуемым отходам производства.
4. Что относится к неиспользуемым отходам производства.
5. По каким признакам можно классифицировать отходы АПК.

2. НОМЕНКЛАТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА

В таблице 1 приведены основные направления использования отходов в растениеводстве, они же являются и основными направлениями их рециклинга.

Таблица 1

Основные направления использования отходов в растениеводстве

Вид отходов	Направление использования							
	субстрат для защищенного грунта	биоупаковка	биогорюиво	корма	удобрения	строительные материалы	сорбенты	подстилка для животных
Солома	+	+	+	+	+	+		+
Ботва, брак, поврежденные части			+	+	+			
Стержни кукурузных початков	+	+	+	+	+		+	
Лузга, шелуха риса, проса, гречихи, подсолнечника	+	+	+	+		+	+	
Костра льна		+	+				+	
Скорлупа, оболочка семян	+		+				+	
Семена			+	+	+			
Пожнивные остатки					+			
Древесные отходы	+	+	+		+	+		+

Согласно Федеральному квалификационному каталогу отходов (утвержден приказом Федеральной службы по надзору в сфере природопользования от 22.05.2017 № 242) к отходам растениеводства относятся растительные компоненты

сельскохозяйственных культур и другие, которые включают в себя:

• **отходы:**

от предпосевной подготовки семян зерновых, зернобобовых, масличных, овощных, бахчевых, корнеплодных культур, ярового и озимого рапса, подсолнечника, непротравленные, протравленные инсектофунгицидами, отбракованные;

при выращивании и уборке урожая зерновых и зернобобовых культур (мякина, солома, стебли подсолнечника и кукурузы);

при выращивании овощей, бахчевых, корнеплодных и клубнеплодных культур (ботва от корнеплодов, другие подобные растительные остатки, чистые и загрязненные землей); прочих однолетних культур; грибов; тростника при выращивании грибов; цветов в защищенном грунте (растительные остатки при выращивании цветов, загрязненные землей);

при механической обработке кукурузных початков (обертка и стержни кукурузных початков, пленка стержневая при обмолоте початков);

при механической очистке и сортировке зерна твердой и мягкой пшеницы, меслина, кукурузы, ячменя, ржи, овса, сорго, проса, гречихи, тритикале, чумизы, прочих зерновых и зернобобовых культур; овощей; бобовых сушеных; зерновых культур в смеси;

при механической очистке семян многолетних травянистых растений, многолетних бобовых трав;

при первичной обработке грибов с преимущественным содержанием растительных остатков;

прочие отходы растениеводства (субстраты для тепличного растениеводства отработанные и минераловатные отработанные, субстрат торфяной для тепличного растениеводства отработанный, отходы зачистки оборудования для хранения зерна и уборки просыпей зерна в смеси, ил от зачистки оросительных каналов системы мелиорации земель);

• **семена:**

зерновых, зернобобовых, масличных, овощных, бахчевых, корнеплодных культур непротравленные с истекшим сроком годности;

зерновых, зернобобовых, масличных, овощных, бахчевых, корнеплодных культур, протравленные фунгицидами и/или

инсектицидами, с истекшим сроком годности.

Отходы растениеводства классифицируются:

- *по источникам образования* – отходы растительного происхождения;
- *по агрегатному состоянию* – твердые отходы;
- *по технологической стадии получения* – получаемые при первичной переработке сырья;
- *по материалоемкости* – многотоннажное сырье;
- *по степени использования* – полностью используемые;
- *по степени воздействия на окружающую среду* – малоопасные и безопасные;
- *по направлениям последующего использования* – на кормовые, пищевые и технические цели.

Все представленные направления использования отходов в растениеводстве более подробно рассмотрены далее.

Контрольные вопросы

1. *Перечислите основные направления использования отходов в растениеводстве.*
 2. *Что относится к отходам растениеводства.*
 3. *Какие виды отходов Вы знаете.*
 4. *Приведите классификацию отходов растениеводства.*
 5. *Приведите классификацию отходов по направлениям последующего использования.*
-

3. РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА

3.1. Кормопроизводство

Отходы растениеводства традиционно используются в кормопроизводстве [11-16]. Технологический процесс производства кормов для животных на всех его этапах должен обеспечивать рациональное использование и эффективную переработку сырья, необходимую технологическую подготовку, выпуск продукции, отвечающей требованиям выращивания поголовья и стандартам качества кормов [17-22].

Рациональное использование сырья можно обеспечить за счет включения в корма переработанных отходов растениеводства. Такой подход позволит сэкономить сырье, внедрить технологии рециклинга, улучшить экологическую обстановку на предприятиях АПК, что отвечает запросам государственной аграрной политики.

Изготовление кормов из отходов растениеводства практикуется давно, но в нем, как в любом направлении деятельности, появляются более эффективные и перспективные технологии, которые необходимо применять для повышения конкурентоспособности отрасли и снижения экологической нагрузки на окружающую среду [8].

Наиболее часто в качестве сырья для кормопроизводства выступают такие растительные отходы, как солома, листья и стебли кукурузы (запаривание, силосование, дрожжевание), обмолоченные стебли початков (в составе кормосмесей) как источник ферментируемой клетчатки, пожнивные остатки (для силосования зернобобовых культур). Несмотря на низкое содержание энергии, они удовлетворяют определенные потребности жвачных в кормлении. Так, кормовая солома содержит до 47% клетчатки и много лигнина, даже небольшое ее количество способствует созданию физической структуры в рационе жвачных (рис. 3) [23, 24].

Современные способы хранения соломы в спрессованных рулонах в скирдах провоцируют микробное заражение внешнего слоя. Такую солому лучше в корме не использовать, а устранить проблему можно, применяя сухое хранение и не допуская намокания скирд.



1

2

Рис. 3. Виды соломы для корма:
1 – измельченная солома (<https://i.ytimg.com/vi/0LceJTgDOTc/maxresdefault.jpg>);
2 – солома в тюках (<https://cdn1.ozone.ru/s3/multimedia-w/6516571124.jpg>);
3 – гранулы из соломы (<https://a.allegroimg.com/original/11a436/8da4f60044a7ac25e172147e0122/Sciolka-dla-drobieu-Velti-Worki-15kg-Granulat-990kg>)



3

Солома не содержит ни крахмала, ни сахара, общее количество углеводов (составляет более 90% общего объема данного сырья) можно рассматривать как содержащий пищевые волокна субстрат. Углеводы ржаной соломы в целом имеют наименьшую переваримость – 44,4%. Наиболее переваримыми являются углеводы овсяной (51%) и ячменной соломы (51,5%).

В таблице 2 представлены обобщенные перспективные технологии получения кормов и кормовых добавок на основе растительных отходов (рис. 4), разработанные в научных и производственных организациях [25-36].



Рис. 4. Линия экструдирования биоотходов AGRO-EX BIO (<https://agro-i.ru/solutions/linii-dlya-pererabotki-biootkhodov/>)

Технологии рециклинга отходов растениеводства в корм и кормовые добавки

Технология	Краткая характеристика
<i>Микробиологические</i>	
Силосование	Для повышения питательной ценности при силосовании соломы рекомендуется добавление к резке измельченных частей тыквы, корнеплодов, зеленой массы трав, отходов овощеводства. На дно траншеи укладывают солому слоем 30-40 см, плотно трамбуют, послойно закладывают силосуемую массу, герметично укрывают. После внесения бактериальных добавок 1 кг силоса содержит 0,35-0,4 корм. ед., без добавок – 0,15-0,2
Силосование отходов переработки зеленой массы люцерны	Пресс-остаток и отходы после переработки зеленого клеточного сока (сгущенный коричневый сок) после снижения влажности люцерны используются при силосовании как консервант, обеспечивающий получение доброкачественного силоса, повышение комплексности использования растительного сырья и защиту окружающей среды
Дрожжевание	Применяется для улучшения вкусовых и питательных свойств соломы, обогащает кормосмесь витаминами группы В и протеином. При дрожжевании содержание белка в кормовой смеси увеличивается в 1,5-2 раза. Осуществляют опарным способом. Ячменную дерть (зерно, измельчённое зернодробилками или на мельницах без специальной очистки) – (75%) и отруби (25%) заливают кипятком в соотношении 3:1. Полученная опара охлаждается до 25-28°С, после чего вносится 3% дрожжей от массы взятых концентратов. Длительность приготовления опары – 6 ч. Далее запаренную солому смешивают с опарой в соотношении 1:1 и выдерживают 3-4 ч. Срок годности корма на опаре – не более двух дней
Самосогревание	Используется тепло, образующееся в результате микробиологических процессов, происходящих в смоченной и плотно уложенной соломенной массе. Подготовленную резку закладывают слоями 30-35 см и каждый слой поливают водой температурой 20-30°С из расчета семь-восемь ведер на 1 ц сухой резки. Каждый слой соломы смачивают равномерно, тщательно перемешивают, плотно утрамбовывают и после заполнения траншеи закрывают

Технология	Краткая характеристика
Интенсификация силосования	При изготовлении силоса проводится обработка массы биоконсервантом № 2 (ООО «Научно-производственный институт «Биопрепараты»). Основа биопрепаратов – бактерии, выделенные из природных объектов (корни растений, почва), не обладающих канцерогенным и кумулятивным действием
Делигнификация соломы и ферментация ее микромицетами	Протекает 30 ч. По сумме аминокислот содержание истинного белка составляет 17-20%, в исходной необработанной соломе – 3-4%. Качественный состав белка улучшается за счет значительного повышения содержания лизина, метионина, серина, пролина, глицина и других аминокислот; в продукте увеличивается содержание витаминов и липидов
Твердофазная ферментация	Основана на использовании закваски Леснова. Повышает питательность, полноценность, вкусовые и питательные свойства соломы, способствует лучшему ее использованию. Срок приготовления – 24 ч, не требует прикормов и добавок, имеет короткий срок хранения корма
Твердофазная дрожжевая биоконверсия	Продуценты дрожжевой биомассы выделены из разных природных материалов. Позволяет значительно (до 20%) улучшить аминокислотный состав ферментируемых субстратов
Производство растительно-углеводных белковых кормовых добавок	Используется прямая биоконверсия микроорганизмами. Высокое содержание пентозанов в соломе позволяет применять ее в гидролизном производстве для получения фурфурола, суммарное содержание полисахаридов, в том числе легкогидролизуемых, – для получения эффективных кормовых добавок. В основе способа – использование соломы как субстрата для твердофазной ферментации микроорганизмами с целью повышения переваримости и содержания белка
<i>Химические (повышают переваримость клетчатки до 75-80%), физические</i>	
Кальцинирование	Наиболее распространено. При этом, кроме повышения общей питательности, сырье обезвреживается от патогенной микрофлоры. По технологии резаную солому в течение нескольких суток вымачивают в известковом молоке (используют негашеную известь)

Обработка аммиачной водой	Осуществляется из расчета 12 л/ц при концентрации воды 25% и 17 л/ц при её концентрации 17,5%. Резаную солому обрабатывают в цементированных ямах, натуральную – в скирдах. Для обработки скирд используются специальные трубы с отверстиями – спринцеватели. Спринцеватель вводится в скирду по всей ее длине на расстоянии 0,8-1 м от верха скирды, куда под давлением с помощью шланга из цистерны аммиаковоза или АНЖ-2 подается аммиачная вода. Обработанная скирда плотно укрывается пленкой. Срок созревания корма – 5-6 дней
Обработка раствором мочевины	Под действием фермента уреазы и повышения температуры до 45-50°C происходит гидролиз мочевины – выделяются аммиак и углекислый газ. Аммиак разрушает прочную химическую связь лигнина с клетчаткой, при этом прекращается развитие грибков и плесени, ограничивается развитие аэробных бактерий. Для обработки 1 т соломы необходимо 200-300 л воды, в которой растворяют 20-30 кг мочевины. Солома равномерно смачивается раствором, укладывается в траншею или бурт, укрывается полиэтиленовой пленкой без доступа воздуха. Скармливать солому можно через 12-15 дней после обработки. В результате количество протеина увеличивается в 5-6 раз (до 50-60 г/кг), повышается переваримость
Содово-солевой способ	В 250-300 л воды добавляют раствор соды и поваренной соли, приготовленные отдельно (1 кг кальцинированной соды растворяют в 8-10 л горячей воды, 1 кг поваренной соли – в 5-6 л воды). После увлажнения 100 кг соломы перекладывают в цементированную яму, утрамбовывают, выдерживают в течение суток, в результате повышаются её вкусовые качества и питательная ценность. Перед скармливанием обработанную солому желательно сдобрить раствором патоки или корнеплодами, концентратами и другими кормами
Щелочной способ	Предусматривает измельчение соломы с расщеплением ее волокнистой структуры, равномерным внесением щелочи, складированием и хранением обработанной соломы под навесом в течение 7-10 дней. Затем её скармливают в натуральном виде или в смеси с другими кормами. Целесообразно из соломы, обработанной таким способом, готовить кормосмеси с добавкой концентратов в форме брикетов и гранул.

Технология	Краткая характеристика
	<p>Величина резки 20-30 мм, влажность соломы 18-20%, концентрация рабочего раствора щелочи 25-30%, расход рабочего раствора на 1 т соломы 130-160 кг.</p> <p>При температуре выше 6°C применяют 27,6%-ный раствор, при температуре ниже 6°C – 32,5%-ный. Расход едкого натра на 1 т обрабатываемой соломы по сухому веществу около 40 кг</p>
Щелочно-кислотный способ	<p>Солому обрабатывают щелочью с последующей нейтрализацией соляной кислотой. В результате переваримость органического вещества соломы повышается от 40 до 70%.</p> <p>Для обработки 1 ц сухой соломенной резки требуется 4-6 кг сухой щелочи, 200-300 л воды и 6-8 л соляной кислоты</p>
Кислотный гидролиз	<p>Количество сахара в пересчете на сухую массу соломы увеличивается с 0,3-0,6 до 10-15%.</p> <p>Соломенная резка в водонепроницаемых емкостях заливается 0,3%-ным раствором соляной или серной кислоты (900 г 30%-ной кислоты на 100 л воды). Норма раствора 120-150 л на 100 кг резки. Затем в смеситель-запарник подается пар. Пропаривание продолжается 2-3 ч, после чего масса в теплом виде скармливается скоту. Гидролиз повышает питательную ценность грубого корма в 1,5-2 раза. В гидролизную соломенную резку можно добавлять мочевины из расчета 0,5-0,8 кг на 100 кг сухого корма</p>
Измельчение	<p>Измельченная солома поедается практически полностью. Для повышения эффективности нарезанную солому смачивают (например, подсоленной водой: 1-2 кг соли на 80-100 л воды при 20-30°C в течение 12-14 ч), пропаривают и обрабатывают химическими веществами. Длина резки для КРС 4-5 см, лошадей и овец – 2-3. Сильно измельчать нельзя, заготавливать рекомендуется в сухом виде, влажность должна быть не выше 17% для лучшего сохранения кормовых качеств</p>
Брикетирование	<p>Длина частиц соломы должна быть около 1 см. Более предпочтительны размеры брикетов для скота 32×32 мм плотностью 0,55-0,70 г/см³. Удельный вес брикетированного корма в рационах коров и молодняка крупного рогатого скота не должен превышать 50-60% по питательности</p>

Гранулирование	<p>Метод энергоемкий, рекомендуется предприятиям, которые имеют линию по производству гранул. Обогащение азотом и энергетическими веществами повышает питательность корма. Гранулированный корм обладает высокой переваримостью, хорошо сохраняет питательные вещества компонентов, удобен для хранения, транспортировки и нормированной раздачи. При гранулировании содержание клетчатки в обработанной соломе снижается на 12-16%</p> <p>Разработана конструктивно-технологическая схема и изготовлена новая малогабаритная линия переработки соломы для приготовления гранулированного корма. Фракции измельчения – до 1,5-20 мм, плотность в 8 раз больше, чем у начального сырья</p>
Взрывной автогидролиз (ВАГ)	<p>Проводится после обработки половы овса, лузги гречихи и подсолнечника. Происходит механическое разрушение не только стенки клетки, но и лигнинового полимера и целлюлозных структур, вследствие чего переваримость корма улучшается. Проводится в реакторе при давлении 1,52 МПа в течение 10 мин с последующей декомпрессией. Содержание сырой клетчатки в обработанном продукте по сравнению с исходным уменьшается, одновременно увеличивается содержание безазотистых экстрактивных веществ, кормовых единиц и обменной энергии</p>
Выращивание гидропонной кормовой добавки с использованием глауконита	<p>В составе гидропонного корма, выращенного из чистого зерна, содержится относительно небольшое количество клетчатки. Предлагается выращивать зеленый корм из ячменя на субстратах из измельченной ячменной соломы. Используются зерно и солома. Для активации проращивания семян зерно обрабатывается электрохимически активированной водой – католитом. Одновременно осуществляется перемешивание в разреженной среде при давлении 650-680 мм рт. ст. в течение 9 мин на установке с частотой вращения барабана 10 мин⁻¹. Водный раствор католита с рН 7-9 и редокс-потенциалом от -400 до -500 мВ производится путем электролиза с помощью биоэлектроактиватора «Эсперо-1». Питательность гидропонного корма повышается за счет применения глауконита. Оптимальная доза внесения глауконита – 60 г/м², что составляет 10,6 г на 1 кг сухой массы гидропонного корма. Содержание протеина по сравнению с дозировкой 30 и 90 г/м² возрастает соответственно на 6,8 и 3,3%, а каротина – на 2,4%</p>

Технология	Краткая характеристика
<p>Экструзия биологических и сельскохозяйственных отходов</p>	<p>В процесс получения кормов, предусматривающий раздельное измельчение растительного и влагосодержащего белкового сырья, смешивание, экструдирование и гранулирование, дополнительно включено охлаждение перед гранулированием. После экструдирования сырье подвергают ферментативному гидролизу. Полученный корм сохраняет безопасные свойства длительное время, обладает сбалансированностью и лучшим усвоением организмом животных, предупреждающими заболевания ЖКТ, и легким терапевтическим эффектом. Для реализации технологии разработана линия оборудования.</p> <p>Основан на экструзии, для реализации производятся линии экструдирования биоотходов AGRO-EX BIO (ООО НПП «А-Инжиниринг») производительностью от 0,7 до 2,0 т/ч. Измельченные отходы животного происхождения (боенские отходы, падеж, просрочка и др.) смешиваются с растительными (мучка, отруби, шелуха, измельченная солома), обеспечивая влажность смеси в пределах 25-27%. Затем смесь направляется в экструдер для баротермической обработки. Экструдат на выходе охлаждается и обычно подсушивается окружающим воздухом.</p> <p>На линии AGRO-EX BIO можно производить широкий ассортимент кормовых продуктов. В добавляемых зерновых компонентах при экструдировании крахмалы переходят в сахара, усвояемость полезных веществ повышается до 90%, нейтрализуются антипитательные вещества.</p> <p><i>Преимущества:</i> не требует больших капитальных вложений и площадей, универсальна, отсутствие энергоносителей в виде пара или газа, низкое потребление электроэнергии – 120-160 Вт на 1 кг готовой продукции, окупаемость проекта один-четыре года при переработке от 250 кг отходов сутки, высокая скорость обработки, что обеспечивает хорошую усвояемость питательных веществ готовой продукции и исключает окисление, не требует получения множества разрешений на ввод оборудования в эксплуатацию.</p>

<p><i>Недостатки:</i> невозможность производить муку из отходов животного происхождения в чистом виде в связи с необходимостью добавления отходов растительного происхождения</p>
<p>Повышает усвояемость и питательность соломы в 2-2,5 раза за счет разрушения ингибитора усвояемости легнина и его денатурация на сахара. Технология и разработанное оборудование (ООО «Биоэнергия и К») позволяют вовлекать в переработку практически все виды отходов и вторичного сырья, восстанавливать и многократно увеличить кормовую питательность сырья, зараженного патогенной микрофлорой, испорченного насекомыми или частично разложившегося из-за нарушения правил и режима хранения. Кормовая ценность некондиционного сырья после обработки превышает кормовую ценность кондиционных аналогов в 1,1-1,4 раза</p>
<p>Гидролизаты</p> <p>Используются как компоненты питательной среды при получении биотоплива, кормовых дрожжей, ксилита, фурфурола, уксусной, масляной кислот и др. Обрабатываются солома, кукурузные кочерыжки, свекловичный жом при варьировании технологических параметров процессов гидролиза: температуры 150-190°C, концентрации гидролизующих агентов 0,5-4,0% массы</p>

Перерабатывать любые растительные отходы в корм животным можно с помощью насекомых, примером служит завод «Энтопротэк» в Пензенской области (рис. 5).



Рис. 5. Завод «Энтопротек»

(https://eda.show/content/images/2022/10/photo_2021-07-19_11-.jpeg)

Это первая компания в стране, которая начала применять технологию выращивания личинок мух черная львинка на органических отходах в промышленных объемах. При таком способе утилизации органики в атмосферу выделяется на 85% меньше свалочных и парниковых газов, чем при компостировании. Полученное из отходов сырье представляет собой кормовой белок, удобрения, жир, которые можно возвращать в цепочку питания сельскохозяйственных животных и птиц, использовать в качестве удобрения для растений [37]. Подобные технологии продвигают и компании «МИП НордТехСад», ООО «Новые биотехнологии».

Полученные данные из обработанных информационных источников свидетельствуют об эффективности использования дешевых сырьевых ресурсов из отходов в качестве компонентов кормов для сельскохозяйственных животных и птиц.

3.2. Подстилка для содержания сельскохозяйственных животных

Свойства некоторых отходов растениеводства (солома) полностью соответствуют требованиям, предъявляемым к подстилочному материалу для сельскохозяйственных животных (обеспечивают сухость, сохраняют тепло, хорошо изолируют животное от соприкосновения с холодным полом, обладают высокими впитывающей и нейтрализующей запахи способностями). На животноводческих предприятиях солома (обычно в большом количестве) является побочным продуктом выращивания сельскохозяйственных культур на корм.

После удаления подстилочного материала образовавшаяся солома с навозом становится востребованным органическим удобрением высокого качества [8]. У подстилки из соломы есть и другой экономический эффект.



Рис. 6. Подстилка для животных из отходов растениеводства

<http://www.abeatingheart.ca/wp-content/uploads/2014/12/PIG-STRAW.jpg>

Так, по данным Орхусского университета и Университета Копенгагена (Дания), при добавлении в подстилку свиней соломы среднесуточный прирост их массы увеличивался на 8,1 г на каждые 100 г добавленной соломы в день, возрастало также и потребление корма (рис. 6). По мнению ученых, результат обусловлен улучшением работы кишечника за счет употребления грубого корма в небольшом количестве [8, 38].

На влагопоглощающую способность соломы влияют: вид исходной культуры (табл. 3), время сбора, размер (измельченная солома поглощает почти в 4 раза больше влаги, прессованная – примерно в 3 раза, а рассыпчатая – в 2 раза, чем целая).

Сравнительная характеристика соломы от различных сельскохозяйственных культур

Вид соломы	Краткая характеристика
Ржаная	Впитывающая способность самая лучшая, в 2,5 раза больше собственной массы. Имеет наиболее твердую структуру стебля, мало подвержена гниению, не способствует развитию бактерий. При оценке качества важно обращать внимание на отсутствие заражений, например, спорыньей
Пшеничная	Целесообразнее использовать на корма из-за значительного содержания питательных веществ. Хрупкая, абсорбирующая способность на 25% ниже, чем у овсяной соломы
Ячменная	Является наименее абсорбирующей из всех типов соломы: абсорбирующая способность на 33% меньше, чем у овсяной соломы. Мало используется из-за остистости, во влажном состоянии сбивается в кучи
Овсяная	Абсорбирующая способность на 10% выше, чем у опилок. Имеет относительно высокую питательную ценность, во влажном состоянии сбивается в кучи
Тритикале	Абсорбирующая способность, как у пшеничной. При равном урожае у тритикале выход соломы на 30% больше, чем у пшеницы или ячменя, что представляет интерес для животноводов
Рапсовая	Имеет высокое содержание масла. В качестве подстилки использовать нерационально
Мисканту совая	Отличается высокой абсорбирующей способностью, может впитывать влагу в 3 раза больше собственной массы, быстро компостируется, но поскольку является ценной энергетической культурой, применение в качестве подстилки нерационально

Слишком мелкая или плесневая солома может вызвать заболевания животных [39]. Лучше всего для подстилки подходит измельченная солома размером до 10 см. Она отлично впитывает жидкость, образующийся подстилочный навоз более однородный, он лучше распределяется по полю и запахивается. Эффективность навоза на соломенной резке на 20-30% выше у навоза, приготовленного на подстилке из целой соломы.

В таблице 4 приведены характеристики различных видов

подстилочных материалов. Анализ данных таблицы подтверждает эффективность использования соломы в качестве подстилки сельскохозяйственным животным из-за ее доступности, экологичности, простоты использования, высокой влагоудерживающей способности [8, 40].

Таблица 4

**Сравнительная характеристика
различных видов подстилочных материалов**

Вид подстилки	Краткая характеристика
Опилки и стружка	Относятся к органическим подстилкам, хорошо впитывают влагу, но при загрязнении или намокании способствуют быстрому росту патогенов. Состоят из небольших частиц, которые легко разрушаются микроорганизмами, из-за чего могут накапливать в себе патогены, что затрудняет борьбу с маститом. Чтобы избежать этого, нужно ежедневно вносить известь
Компостная подстилка	Органическая, для эксплуатации обязательны хорошая вентиляция и строгое соблюдение правил гигиены животных. Отличается дешевизной. Для нормального функционирования нужно рассыпать по полу коровника слой древесной стружки или опилок глубиной 30-45 см и рыхлить его дважды в день на глубину 20-25 см – так кислород обеспечивает аэробное разложение. Меняют один-два раза в год
Синтетические маты	Неорганические, имеют водонепроницаемую поверхность, состоят из резины или других упругих полимеров. Легко чистятся, обеспечивают низкий уровень микробиологической загрязненности, применяются при тесном содержании, но могут негативно сказываться на здоровье ног животных. Часто комбинируют с другими видами подстилок

Вид подстилки	Краткая характеристика
Подстилка из навоза	Органическая, используется переработанная твердая фракция навоза из коровника в свежем виде или компостированная. Очень доступная и недорогая. По сравнению с другими подстилками создает благоприятные условия для быстрого роста патогенов. Снижает частоту хромоты и поражений скакательных суставов, по сравнению со стадами, которые живут на резиновых матах
Солома	Органическая, доступна и дешева, проста в эксплуатации, обладает высокими абсорбирующими и изолирующими свойствами, часто применяется как подстилка для молодняка. Может быть заражена патогенами
Песок	Неорганический, экономичен, сохраняет чистоту коров, полезен для здоровья ног и копыт, вымени. Отличается гладкой структурой, прохладный, что обеспечивает коровам бóльший комфорт в жару. Оптимальный размер песчинок 0,1-2 мм. В беспривязном стойле рекомендуют насыпать песчаную подстилку глубиной 15-20 см, можно перерабатывать и использовать повторно. Может негативно влиять на оборудование из-за абразивных свойств. Системы хранения навоза не предназначены для работы с песком, не всегда его можно вносить в почву на полях. Подстилка из песка требует постоянного разуплотнения

Представленное направление применения растительных отходов проверено практикой и достаточно просто в реализации, следовательно, является перспективным для рециклинга и эффективного животноводства.

3.3. Удобрения

Отходы растениеводства широко применяются в сельскохозяйственной практике. Солома и другие растительные отходы являются важным источником органических удобрений. Солома улучшает физико-химические свойства почвы, повышает её биологическую активность и доступность фосфатов, является источником питательных элементов. Однако химический состав соломы зависит от почвенных и погодных условий. В среднем она содержит 0,5%

азота, 0,25 – фосфора, 0,8 – калия, 35-40% углерода в форме различных органических соединений, а также серу, кальций, магний, микроэлементы (бор, медь, марганец, молибден, цинк, кобальт и др.).

Выход соломы, например, ячменя, при средней урожайности (20 ц/га) составляет 35-40 ц/га.

Пожнивные остатки при той же урожайности достигают 10-15 ц/га, т.е. в почву будет возвращено 4,5-6 т/га растительных остатков, а с ними 10-15 кг азота, 5-8 кг фосфора, 18-24 кг калия, 10-15 кг кальция, 4-6 кг магния, комплекс микроэлементов [8, 41, 42].

Солома характеризуется низким содержанием азота. Для восполнения дефицита рекомендуется на каждую тонну соломы вносить дополнительно 7-10 кг аммонийного азота, наиболее усваиваемого микроорганизмами. В почвенных процессах микроорганизмы выполняют работу по разложению органических остатков и высвобождению элементов питания.

Положительное действие соломы на плодородие почвы возможно при наличии условий для ее разложения. Интенсивность разложения соломы возрастает от дерново-подзолистых почв к серым лесным и черноземам. Оптимальная температура разложения соломенной клетчатки 28-30°C, влажность почвы 60-70% от полной ее влагоемкости. Солома наиболее интенсивно разлагается в верхнем слое почвы из-за хорошей аэрации, большей численности и разнообразия микроорганизмов (рис. 7) [43, 44].

Особое значение удобрение соломой имеет для бобовых культур, фиксирующих молекулярный азот атмосферы.

Способы использования соломы на удобрение:

1. Оставшуюся после уборки зерновых солому измельчают до 5-10 см косилкой-измельчителем, распределяют по полю и запахивают осенью при зяблевой вспашке. При достаточном увлажнении запахивать можно весной по норме внесения для соломы озимых 3-5 т/га, яровых – 2-3 т/га.

2. Если в организации почвы тяжелого гранулометрического состава установились влажные климатические условия, то солому заделывают на глубину 5-8 см луцильником, дисковой бороной или фрезой, что по сравнению с заделкой плугом обеспечивает лучший результат. По соломе вносят азотные удобрения из расчета 40-60 кг д. в. на 1 га пашни. На почвах, бедных фосфором, добавляют

фосфорные удобрения. По возможности высевается промежуточная пожнивная культура, лучше – представитель семейства бобовых.



Рис. 7. Пожнивные остатки
(https://www.agronom.com.ua/wp-content/uploads/2019/12/DSC05904_yspr.jpg)

3. Солому не измельчают, оставляют в валках, затем заделывают в почву плоскорезом. В этом случае после обмолота зерновой культуры вносят расчетное количество азотных удобрений и проводят плоскорезную обработку почвы на глубину 12-15 см. Агрегат при этом движется поперек валков соломы.

4. Солома является прекрасным мульчирующим материалом, в том числе для устранения водной эрозии почвы. При мульчировании вода лучше впитывается в землю и более равномерно распределяется по ее поверхности, снижается опасность возникновения поверхностного стока, улучшается структура пахотного горизонта, уменьшается влагоиспарение.

5. Оставление соломенной стерни и соломы способствует созданию защитного слоя от ветровой эрозии. Если при этом заменить обычную обработку почвы безотвальной, то скорость ветра над поверхностью почвы снизится на 40-60%, что значительно уменьшит угрозу ветровой эрозии.

6. Эффективно использовать солому в комбинации с зеленым удобрением, представленным самостоятельными посевами, пожнивными или подсевными культурами. Лучшее взаимодействие

отмечается при применении культур семейства бобовых, поскольку солома оказывает положительное действие на их рост и фиксацию азота из атмосферы [8].

Фактором, интенсифицирующим процессы гумификации растительных отходов, является их обработка специальными препаратами. В таблице 5 представлены примеры и характеристика подобных соединений [45-49] (рис. 8).

Рис. 8. Биодеструктор

Ризобакт СП

(<https://i.pining.com/originals/e5/ea/0e/e5ea0e82ff696ae58021d015e87ccf28.png>)



Таблица 5

Примеры эффективных биодеструкторов растительных отходов

Название	Краткая характеристика
Гумификатор – Ризобакт СП	Доза обработки 1-3 л/га. Обеспечивает разложение 1-3 т/га сухих растительных остатков, а остальные делает ломкими при малейшем механическом воздействии. При этом подавляется патогенная и гнилостная микрофлора за счет развития на остатках полезных микроорганизмов. Затраты на гумификацию составляют 200-300 руб./га и окупаются прибавкой урожая, например, зерновых, в размере 1 ц/га

Название	Краткая характеристика
Биодеструктор – Уникальный гумус+	Обеспечивает эффективность разложения отходов (1,5-3 месяца 80% общего объема и 100% – при наличии достаточного количества влаги) и восстановление плодородия почв. Включает в себя консорциум микроорганизмов гриба триходермы <i>Trichoderma M18 (Trichoderma Asperellum R2)</i> , бацилл, актиномицетов, гуминовых кислот, азотфиксирующих и молочнокислых бактерий и ферментов. Одновременно происходят обеззараживание, повышение стрессоустойчивости сельскохозяйственных культур. Действует в широком диапазоне кислотности почв, возможно применение при температурах от +5°C. Внесение с заделкой (глубина 7-15 см) и без дозы 2-2,5 л препарата на 200 л воды/га и 300 л воды/га (при условии пониженной влажности почвы). Для ускорения процесса разложения необходимо совместное внесение азотных удобрений 10 кг/га аммиачной селитры или карбамида
Аборигенный штамм целлюлозолитического микромицета	Обладает высокой активностью, его использование ускоряет разложение соломы озимой пшеницы на 50%, ячменя – на 56%. Для повышения эффективности рекомендуется применять азот и питательную добавку. После применения отмечена прибавка биологической урожайности сахарной свёклы в сравнении с контролем на 11,9 т/га, использованием одной соломы – 12,6, соломы с азотным удобрением – 7,7 т/га
Биопрепараты – деструкторы Баркон и Байкал ЭМ 1	Обеспечивают максимальную скорость минерализации соломы – 2,26-4,02 мг С-СО ₂ /100 г почвы в вариантах, где действие биопрепаратов сочеталось с внесением минерального азота, увеличением суммарных размеров минерализации углерода на 32 и 64% соответственно
Эффект Био СК, компания «Биона»	Обеспечивает высокую эффективность разложения растительных остатков, регулирование численности возбудителей заболеваний сельскохозяйственных культур, нормализацию почвенной микрофлоры, стимуляцию роста и развития растений, повышение плодородия почвы

Кроме ускорения разложения отходов, имеются разработки и технологии производства удобрений из растительных остатков (табл. 6) [50, 51].

Примеры удобрений из растительных остатков

Название	Краткая характеристика
Композиционные полимерные препараты	Получены путем карбоксиметилирования различного вида растительного отходов (опилки, цветковые пленки овса, лузга подсолнечника). В зависимости от дозы внесения препарата водопрочность почвы повышается в 1,2-3,5 раза по сравнению с контролем
Прилипатель	Обеспечивает прибавку урожайности яровой пшеницы. Проводится методом химического модифицирования цветковых пленок овса. Применяется водный раствор препарата в баковой смеси в качестве прилипателя при обработке посевов яровой пшеницы в фазе кушения против сорняков. Спроектированные технологические линии могут быть смонтированы непосредственно на территории предприятий, занимающихся переработкой растениеводческой продукции

В этой области ведутся работы по созданию оборудования для производства удобрений из растительных отходов. Технология и устройство для приготовления удобрения разработаны в ФГБНУ Дагестанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства имени Ф.Г. Кисриева ФАНО России (в настоящее время ФГБНУ ФНАЦ Республики Дагестан). Они обеспечивают уменьшение затрат времени и труда на всех операциях – от приготовления удобрения до внесения его с поливной водой, а также возможность производства удобрения для внесения на больших площадях [52].

На рисунке 9 представлена схема технологического процесса аэробного компостирования растительных отходов, представляющего собой один из наиболее эффективных способов их переработки на удобрение [10].

Компостирование в биобарабане осуществляется в течение двух суток в условиях принудительной аэрации при 50-60°C и влажности 40-50%. Далее компост подается на специальные складские площадки, штабелируется и в течение двух месяцев дозревает при периодическом перемешивании и увлажнении. Перемешивание необходимо для улучшения аэрации всей массы отходов. Биобарабан обеспечивает требуемые условия для биотермического процесса и механическое измельчение в однородную массу по размеру фракций [10].



Рис. 9. Технологическая схема компостирования органических отходов с аэробными окислением и гидролизом отходов

Большее количество компоста и меньшее отходов по сравнению с биобарабаном получается на установках полевого компостирования. Установки оснащены дробильно-сортировочным оборудованием для предварительного измельчения отходов и отделения некомпостируемых фракций. Продолжительность компостирования – один-семь месяцев в зависимости от состава компостной массы [10]. Специалистами разработана и запатентована технология экспресс-компостирования растительных остатков с получением высокоэффективного удобрения – биокомпоста на установке УЭК-5 [53] (рис. 10).

Полученный на основе аэробной микробиологической ферментации биокомпост содержит все необходимые питательные вещества для роста и развития растений. Дозы внесения удобрения в 2-3 раза меньше, чем обычного компоста, в 1,5-3 раза сокращается расход минеральных (азотных) удобрений и гербицидов.

Полученный продукт не содержит семян сорных растений, патогенной микрофлоры, способствует гумусообразованию, снижению кислотности почв.

Переработка отходов в плодородный субстрат возможна с помощью красных калифорнийских червей, грибов и бактерий. Срок реализации данной технологии от полугода до года. Использование тараканов *Psycoscelus nigra* обеспечивает утилизацию растительной биомассы, богатой лигнин-целлюлозой, в течение нескольких суток или часов (в зависимости от численности колонии) [54].

Переработанные из растительных отходов удобрения способствуют сохранению окружающей среды и улучшению физико-химических свойств почвы, ее плодородия при минимуме вложений. Это направление рециклинга давно развивается и перспективно в будущем, в том числе для органического земледелия, плодородие почвы в котором достигается чаще всего за счет разложения растительной массы.

Для компостирования используется также технология анаэробной ферментации – получение горючего газа и органических удобрений. На рисунке 11 представлена схема анаэробной переработки отходов в заводских условиях.



Рис. 10. Установка ВЭК-5

(<http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/1363.html>)

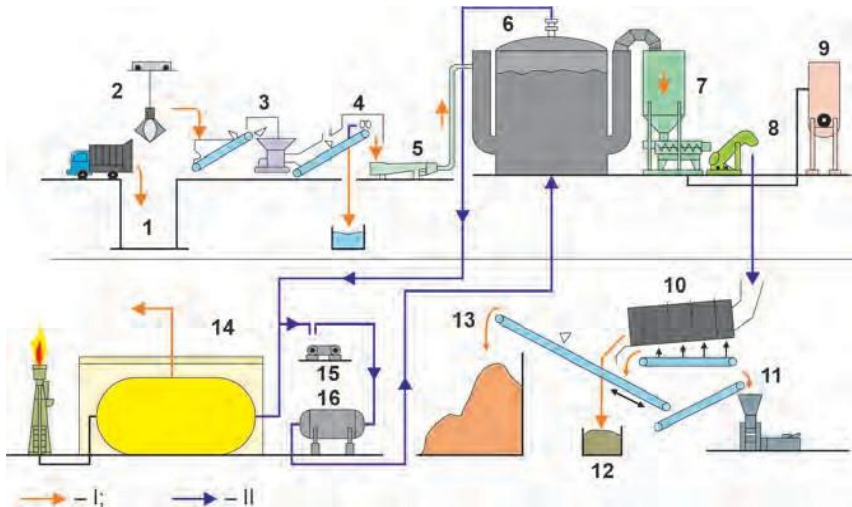


Рис. 11. Схема переработки отходов методом анаэробного компостирования:

I – направление движения отходов; II – направление движения биогаза;
1 – приёмный бункер; 2 – мостовой грейферный кран; 3 – дробилка;
4 – магнитный сепаратор; 5 – насос-смеситель; 6 – метантенк;
7 – шнековый пресс; 8 – рыхлитель; 9 – ёмкость для сбора «отжима»;
10 – цилиндрический грохот; 11 – упаковочная машина; 12 – крупный отсев;
13 – склад удобрений; 14 – газгольдер; 15 – компрессор; 16 – уравнильная камера

3.4. Сорбенты

Эффективные и экологически чистые методы очистки от техногенных и антропогенных загрязнений природных объектов очень актуальны. Рассматриваемые далее технологии имеют большое значение для экологии: перерабатываются отходы, очищаются загрязненные объекты, а сорбенты (рис. 12) с поглощенными нефтепродуктами после специальной обработки можно еще раз использовать в качестве топлива [8, 55-59].



Рис. 12. Сорбенты из растительных отходов
(<https://place.ua/files/images/items/388/388508ze70570c5.jpg>)

Среди методов реализации такого вида сорбции в основном применяется рассыпание сорбента на поверхности загрязнения или фильтрация загрязненного объекта через сорбент [60]. Основные виды и характеристики сорбентов из растительных отходов приведены в таблице 7 [61-69].

Виды и характеристики перспективных сорбентов из растительных отходов

Название	Характеристика
Сорбент для очистки сточной воды от нефти	Синтезируется из кукурузных початков и скорлупы грецкого ореха в режиме температур 400 и 500°C в интервале 30 и 60 мин. По результатам, для скорости 6 мл/мин наиболее эффективно применение активированных углей и сорбентов из скорлупы грецкого ореха (ГО). Для скорости 15 мл/мин сорбентом из ГО также достигается результат очистки ниже уровня ПДК, т.е. эффективность сравнима с использованием эталонного активированного угля марки БАУ, очищающего загрязненную воду до уровня ПДК (0,05 мг/л). Исследования эффективности сорбентов оценивались для воды, загрязненной нефтью с концентрацией 10,8 мг/л
Сорбенты для ликвидации проливов нефтепродуктов	Синтезируются из околоплодника редьки масличной, шелухи гречихи, ячменя, арахиса. Наилучший температурный диапазон применения сорбентов по отношению к исследуемой нефти – 5-40°C. Тяжелые нефтепродукты (вакуумный дистиллят) поглощаются всеми образцами значительно эффективнее, чем легкие (керосин). Значения нефтеемкости исследуемых образцов не уступают показателям некоторых промышленных сорбентов на основе торфа («Белнефтесорб-экстра», «Питсорб», «Турбоджет», «Сибсорбент», «Экограннефторф» и др.)
Углеродные адсорбенты	Синтезируются из скорлупы кокоса, рисовой шелухи, оболочек семян манго и слив, стеблей и корневищ хлопковых растений, части древесины. Методы получения – пиролиз и активация водяным паром полученных карбонизатов. Все адсорбенты в виде порошков показали эффективность в сборе нефтепродуктов, а ряд адсорбентов в виде зерен обеспечивает глубокую очистку от органических примесей многокомпонентных сточных вод, рекуперацию паров органических растворителей из их смеси с воздухом. Например, активированный уголь из оболочек семян манго обеспечил 98%-ную осветляющую способность

Абсорбент для сточных вод, загрязненных нефтепродуктами	<p>Синтезируется на основе скорлупы грецкого ореха и миндаля. Сырье нагревали до 800°C со скоростью 10°C/мин в пиролизной установке в бескислородной среде и выдерживали в течение 1 ч. Адсорбцию проводили при 25°C. Масса адсорбента 7 г, объем раствора 50 мл, концентрация рабочих водных растворов 7 мг/л, время адсорбции 30 мин.</p> <p>Применяемые установки компактны, просты в оформлении и управлении процессом. Позволяют очищать воду от широкого спектра загрязнителей с высокой эффективностью – до величины ПДК и глубже, обеспечивают возможность выделения ценных продуктов из загрязненной воды. При добавлении 2,5 мг/л адсорбента степень очистки воды, сильно загрязненной органическими веществами и маслами, повысилась до 95,3%. Для глубокой очистки сточных вод нефтеперерабатывающих и маслозаводов процесс адсорбции с помощью активированного угля, полученного на основе скорлупы грецкого ореха и миндаля при концентрации 2,5 мг/л, показал значительную эффективность</p>
Сорбенты для очистки жиросодержащих сточных вод	<p>Синтезируются из стержней кукурузных початков. Относятся к целлюлозосодержащему сырью, имеют губчатую пространственно-каркасную структуру. Обладают высокой гидрофобностью, при контакте с жирной пленкой на поверхности воды происходит избирательное впитывание только жира. Отработанный сорбент не требует затрат на регенерацию, после очистки объекта может использоваться в составе зерноотрубных кормосмесей в качестве источника клетчатки, наполнителя премиксов и др.</p>
Уголь, биоудобрение	<p>Синтезируются из скорлупы фундука методом быстрого абляционного пиролиза. Могут рассматриваться как биоудобрение и стимулятор. Теплота сгорания получаемого продукта – 18 424 Дж/г, что выше, чем у древесины березы и бурого угля. Жидкий продукт также имеет в своем составе до 34% соединений фенола и до 21% фурфурола, которые являются ценным химическим сырьем</p>

Углеродсодержащие сорбенты	Синтезируются из отходов с размером фракций не более мм. Термическая переработка при 598-602°C в течение с без доступа кислорода в вертикальном шнековом реакторе. Технология дополнительно включает в себя подачу сырья в реактор пиролиза, очистку летучих продуктов с помощью циклона. Термокаталитическая очистка проводится с использованием катализатора на основе кобальта, импрегнированного в матрицу цеолита ZSM-5 (содержание кобальта – 2 масс. %). Обеспечивает повышение КПД переработки исходного сырья и качества жидких и газообразных продуктов
Сорбент для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов и органических красителей	Перерабатываются лузга гречихи и подсолнечника, шелуха овса и риса, скорлупа грецкого ореха, кукурузные початки, отходы переработки трав, опавшая листва, солома, камышовая сечка, соцветия тростника

Как показал анализ информационных источников, переработка растительных отходов в сорбенты перспективна, результаты исследований подтверждают конкурентоспособность и востребованность данной продукции. Производство сорбентов с использованием сельскохозяйственных растительных отходов благодаря экологической чистоте, практически неограниченным ресурсам, высоким адсорбционным, ионообменным и фильтрационным свойствам, низкой стоимости, большому резерву работы позволит расширить ассортимент поглотителей различных органических загрязнений, снизить нагрузку на окружающую среду, получить значительный экономический эффект. Технологические характеристики сорбентов из растительных отходов обеспечивают возможность их эффективного применения для очистки природных объектов от широкого спектра загрязнителей и стимулируют дальнейшие исследования, направленные на получение новых адсорбционно-активных материалов из растительного сырья.

3.5. Биоэнергетика

Основными видами отходов растениеводческого подкомплекса АПК, используемыми для производства твердого, жидкого или газообразного биотоплива, являются солома, сечка и шелуха зерновых и крупяных культур, лузга, стебли и листья сельскохозяйственных растений, стержни початков кукурузы и оболочка кукурузных зерен, костра льна и др. В таблице 8 представлены образующиеся запасы отходов растениеводства и потенциально возможные объемы их использования в биоэнергетике.

Самый технологичный вид твердого биотоплива – топливные гранулы, позволяющие в несколько раз сократить расходы на транспортировку и хранение, значительно повысить эффективность и автоматизировать технологию сжигания (рис. 13).

Таблица 8

Запасы растительного сырья и отходов, семян масличных культур [8, 70]

Растительное сырье, отходы	Ежегодно образующиеся запасы растительного сырья, отходов, тыс. т
Солома	150000
Лузга (риса, проса, гречихи, подсолнечника и др.)	3000
Стержни початков кукурузы	1000
Костра льна	100
Древесные отходы (опилки, щепа, кора, стружка и др.)	5000
Торф	1000
Растительное сырье, отходы	Ежегодно образующиеся запасы растительного сырья, отходов, тыс. т
Семена рапса и других масличных культур	750
Сорго (сок, стебельная масса)	350

Топливные гранулы лучше всех остальных видов топлива по экологическим показателям, а по эффективности могут составить конкуренцию природному газу. Возможные методы обработки

растительных отходов для производства топливных гранул представлены в таблице 9.



Рис. 13. Топливные брикеты и пеллеты

(<https://gaz-kolonka.ru/wp-content/uploads/5/f/7/5f797ef872a5f63921ade76fdd182181.jpeg>, <https://tavago.ru/images/actual/news/pellet2.jpg>)

Таблица 9

Характеристика методов обработки растительных отходов для производства топливных гранул

Метод	Достоинства	Недостатки
Измельчение	Высокая эффективность	Высокое энергопотребление
Органозоле	Высокая эффективность, извлечение интактного лигнина	Высокая стоимость, необходимость регенерации растворителей
Кислотный гидролиз	Высокая эффективность, извлечение С5 сахаров	Относительная высокая стоимость, коррозия оборудования, образование токсичных вторичных продуктов
Щелочная обработка	Высокая эффективность, низкие температуры, извлечение лигнина	Большая длительность, необходимость утилизации водных растворов лигнина
Крафт варка	Высокая эффективность, применяется на ЦБП, предусматривается сжигание лигнина, отработаны система утилизации отходов и регенерация химикатов	Не используются С5 сахара
Паровой взрыв	Высокая эффективность, относительно низкое энергопотребление	Образование токсичных вторичных продуктов, эффективность преимущественно к древесине
Гидротермическая обработка	«Зеленый» метод, не требует химикатов, не образуются токсичные продукты	Недостаточно высокая эффективность, неполное удаление лигнина
AFEX	Не образуются токсичные продукты	Необходимость регенерации аммиака, эффективность преимущественно к недревесным видам сырья

В таблице 10 приведены данные об объемах производства

топливных гранул в России и мире, которые подтверждают перспективность развития этого направления переработки растительных отходов [8, 10, 70].

Пеллеты – один из основных видов топливных гранул, отличаются достаточно большой теплотворной способностью и невысокой стоимостью. Например, в Ростовской области компания «Астон» планирует обеспечивать тепловой энергией новые маслоэкстракционные заводы только за счет сжигания пеллет из подсолнечной лузги [8, 71].

Таблица 10

Производство топливных гранул в России и мире

Регион	Вид продукции	Объем производства, тыс. т				
		2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Страны мира	Пеллеты	29304	33410	37624	41997	43679
	Брикеты и другие агломераты	5779	5743	6275	6835	6761
	Темп прироста, %	-	11,6	12,1	11,2	3,3
Россия	Пеллеты	1345	1650	1810	2500	2800
	Брикеты и другие агломераты	600	607	650	750	770
	Темп прироста, %	-	16,0	9,0	32,1	9,8

По данным UNECE/FAO TIMBER database, мировое производство пеллет продолжает расти, и в 2021 г. составило 50 млн. т, в том числе экспорт из России 2,4 млн т. Мировым центром их производства и потребления является регион Евразийской экономической комиссии (ЕЭК) – интеграционное объединение государств России, Беларуси, Казахстана, Армении и Кыргызстана, на долю которого приходится 80% мирового производства пеллет, а доля стран ЕЭК в ее мировом экспорте составляет 90% [72].

К распространенным видам твердого топлива относятся также топливные брикеты, производство которых возможно несколькими способами: один из способов производства – на гидравлических прессах сверхвысокого давления. После обработки исходный материал превращается в топливный кирпичик. Такие топливные брикеты неустойчивы к влаге, длительной перевозке, для них нужна качественная плотная упаковка или они должны быть реализованы вблизи от места производства.

Другой способ изготовления топливных брикетов – с помощью

гидравлических или кривошипно-шатунных прессов. Основным связующим воздействием является высокое давление. После соответствующей обработки топливный брикет приобретает форму цилиндра. Топливные цилиндры также не выдерживают силовых нагрузок и должны реализовываться рядом с местом производства.

Еще один способ производства топливных брикетов подразумевает механическую обработку сырья шнековыми прессами, при которой сочетаются два фактора – высокое давление и термическая обработка. Благодаря этому лигнин, содержащийся в сырье, становится своеобразным клеем, который формирует брикет в плотное изделие. Обычная форма изделия при таком способе – четырех-, шести или восьмигранник с отверстием посередине. Брикет обладает высокой прочностью к механическим воздействиям, что позволяет перевозить его на большие расстояния, не боится влаги, хорошо хранится.

Компания НПК «АТЕК» (Москва) начала серийный выпуск компактной линии малой производительности для гранулирования в брикеты растительных отходов – соломы, лузги подсолнечника, гречихи и др. Линия предназначена для использования в крестьянских и фермерских хозяйствах. Она обеспечивает производительность до 1000 кг/ч по травяной муке и до 500 кг/ч по древесным отходам, может применяться для кормопроизводства и сушки.

Компания «Жаско» (г. Волгоград) предлагает технологическое оборудование для переработки в топливные брикеты отходов растениеводства и предприятий перерабатывающей промышленности. На установке УБО-2 производят брикеты из лузги подсолнечника, шелухи, соломы, опилок и других отходов растениеводства. В основе технологии – процесс непрерывного прессования в обогреваемой матрице. Связующие элементы – вещества, содержащиеся в клетках. Брикет формируется шнеком, создающим удельное давление до 200 МПа в нагреваемой формующей втулке. В результате контакта с нагретыми стенками поверхность и внутреннее отверстие вдоль оси брикета обугливаются, что создает защитный гидрофобный слой и улучшает условия горения брикета. Непрерывно выходящий шестигранный брус с гранью шириной 35 мм раскаивается на брикеты требуемой длины. Линии производства пеллет на сухом сырье предлагает завод ООО «Пеллет Парк» [71, 73-78].

В основу способа газогенерации твердого топлива, предложенного Воронежским государственным техническим университетом, заложен принцип термического разложения твердого топлива при дефиците окислителя (частично анаэробный). Топливные брикеты, полученные по этой технологии, имеют следующие преимущества в сравнении с полученными из прессованных отходов: большая теплотворная способность, отсутствие деструкции, возможность хранения на открытом воздухе в интервале температур от -50 до $+80^{\circ}\text{C}$, исключение самовозгорания. Одним из основных элементов энергоустановки является генератор газа обращенного типа, использование которого позволяет не только повысить эффективность работы энергоустановки, но и значительно снизить выбросы в атмосферу углекислого газа за счет его восстановления до CO . Реализация этого процесса определяет достаточно высокий коэффициент полезного действия для тепловых машин ($\sim 40\text{-}45\%$ в зависимости от режима работы и вида топлива) [79].

В таблице 11 обобщены примеры перспективных технологий и разработок переработки растительных отходов в твердое топливо [8, 80-84].

С помощью пиролиза из отходов растениеводства можно производить жидкое топливо, получившее название «бионефть», – промежуточный продукт, который применяется для производства автомобильного топлива, используется вместо мазута в котельных, и газообразное топливо – пиролизный газ.

Свойства бионефти приведены в таблице 12.

**Примеры и характеристика технологий переработки
растительных отходов в твердое топливо**

Название	Краткая характеристика
Технология производства твердого биотоплива	Получают биотопливо, изготовленное из отходов древесины на установке с ультразвуковым деструктором Костова с непрерывной шнековой загрузкой и индукционным нагревом. Топливо обладает высокой теплотворной способностью и невысокой по сравнению с дизелем и электричеством ценой. Технология обеспечивает возможность автоматизации котельных, социальные выгоды
Методика оценки топливного, электроэнергетического и теплоэнергетического потенциалов твёрдого биотоплива из растительных и древесных отходов	Может использоваться при разработке программ развития региональной энергетики на базе ВИЭ и эколого-экономического обоснования принимаемых инвестиционных решений, реализована на базе электронных таблиц Excel
Производство высококалорийного топлива из лигнифицированного остатка соломы злаковых	Обеспечивает устойчивое автотермическое горение продуктов переработки растительного сырья с содержанием лигнина 18-60%. Длина топливного факела позволяет использовать камеры сгорания, близкие по параметрам к газомазутным. Для биотехнологического предприятия, перерабатывающего 30 тыс. т соломы в год, сформулировано предложение «Строительство котельной на твердом дисперсном лигнинсодержащем топливе». Проведенная оценка эффективности проекта показала, что срок окупаемости составляет 1,1 года
Производство топливных брикетов из соломы в процессе уборки зерновых	С целью снижения количества промежуточных операций и стоимости готового продукта предлагается исключить погрузочные и транспортные операции и осуществлять прессование пожнивных остатков в брикеты непосредственно в процессе уборки зерновой части. Для реализации данной технологии необходима разработка прицепного мобильного агрегата, состоящего из бункера с устройством для обогащения измельченной массы связующими растворами и подачи в камеру пресса и емкости для готового продукта

Физические свойства бионефти

Показатели	Бионефть	Мазут
Плотность, кг/м ³	1200	980
Низшая теплота сгорания, МДж/кг	16-19	40,5
Вязкость, сСт	13-80	59-118
Зольность, %	0,01-0,02	0,14
Температура вспышки, °С	50-100	110
Температура застывания, °С	20	10
рН	2-3,7	5,5

Однако у такого топлива по сравнению с дизельным топливом высокие кислотность, коррозионная активность, вязкость; повышенное содержание воды; пониженная теплотворная способность; неустойчивость и расслоение при хранении. Достоинством является экологичность бионефти: при добавлении ее в пределах 5% к дизельному топливу снижается вредность выхлопных газов двигателя. Поэтому на практике для природоохранной деятельности востребованы смеси на основе дизельного топлива с добавкой до 20% бионефти.

В настоящее время интенсивно развивается технология быстрого пиролиза, позволяющая при умеренных температурах (450-550°С) получать до 70-80% жидкого топлива от массы сухого вещества.

Уникальная установка получения бионефти из растительных отходов построена в Татарстане. На собственном механосборочном предприятии ООО «ОНХ-Холдинг» в г. Нижнекамске (ООО «ОНХ-Строй») изготовлена и проведена поверочная сборка первой в России блочно-модульной перемещаемой установки быстрого пиролиза биомассы FP-50 для получения бионефти (сырье для получения биотоплив второго поколения) и биочара (выскоэкологичного мелкодисперсного древесного угля – компонента удобрений, материала для улучшения свойств почв) по лицензии канадской фирмы «ABRI-Tech» (рис. 14).

В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана установка для производства жидкого и газообразного топлива из органического сырья: соломы, лузги подсолнечника, гречневой шелухи, опилок по данной технологии. Суточная производительность установки – 1 т перерабатываемого сырья с получением 400-500 кг жидкого и

газообразного топлива.



*Рис. 14. Установка быстрого пиролиза биомассы
(<https://www.onh-holding.ru/news/unikalnaya-ustanovka-polucheniya-bio-nefti-iz-rastitelnykh-otkhodov-postroena-v-tatarstane/?ysclid=ll6hsspхmu639853843>)*

Основными недостатками данного типа топлива являются наличие в составе неразложившихся фрагментов лигнина, высокое содержание органических кислот, отсутствие компонентов

качественных топлив нефтяного происхождения – аренов и алкенов. Устранить недостатки можно изменением химического состава перерабатываемой биомассы, добавляя компоненты, улучшающие ее химический состав для приближения к составу нефтяного топлива. Однако приготовить подобную смесь невозможно просто смешением. В ФГБНУ ФНАЦ ВИМ разработана технология каталитической деполимеризации биомассы растительного происхождения. Процесс заключается в термическом растворении твердой биомассы в присутствии доноров водорода с участием катализатора. Основной продукт термического растворения – жидкий субстрат, который можно перерабатывать в моторное топливо.

Образование в продуктах вредного компонента – кислоты – может быть уменьшено введением восстановительных веществ – доноров водорода. Такими восстановительными веществами являются добавки, уже используемые при синтезе биотоплив, например, мазут, растительное масло, биоэтанол. Возможно также добавление реагентов: доноров водорода, тетралина и спиртов. Количество добавки, используемой для ожигения, составляет около 10% исходной твердой фазы [8, 85].

Разработкой технологий и оборудования для конверсии отходов, в том числе и растениеводства, занимается компания «ТУ БИО», которой созданы промышленные технологии переработки отходов в бионефть и биоуголь, выпускаются древесно-угольные брикеты «Mr. Griller».

ИНХС РАН совместно с компанией «Карбонсинтез» разработана установка гидротермальной карбонизации биомассы мощностью 200 кг/ч по сырью. Готовым продуктом данной технологии является товарный биоуголь.

Еще один востребованный вид биотоплива, который можно получить из растительных отходов биоэтанол (рис. 15), – этанол, изготавливаемый из биомассы или биологически разлагаемых компонентов отходов.



Рис. 15. Биоэтанол
 (<https://new-science.ru/wp-content/uploads/2019/03/6.jpg>)

Мировое производство данного продукта увеличивается (рис. 16) [86].

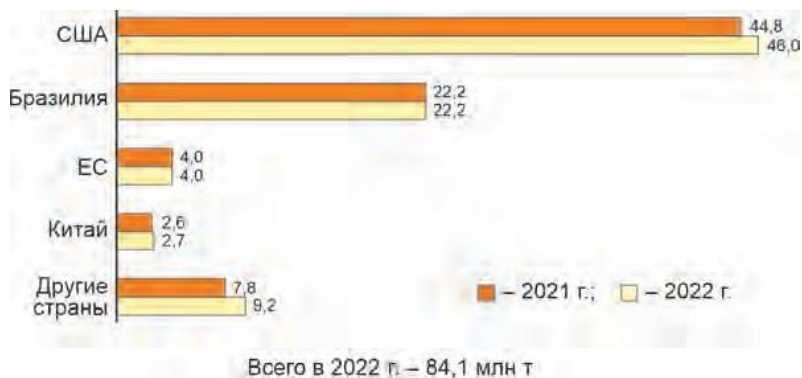


Рис. 16. Мировое производство биоэтанола, млн т

Топливный этанол отличают от пищевого спирта отсутствие в составе воды и метод производства – укороченная дистилляция, содержание в составе метанола и сивушных масел, бензина.

В таблице 13 приведены показатели выхода этанола из отходов,

оставшихся от переработки разнообразного растительного сырья.

Таблица 13

Выход этанола из растительных отходов

Сырье	Выход этанола из 1 т сырья (сухая масса), л
Стебли кукурузы	427
Рисовая солома	415
Отходы очистки хлопка	215
Лиственные опилки	381
Багасса	421

На рисунке 17 представлена схема производства биоэтанола из некондиционного зерна и зерновых отходов.

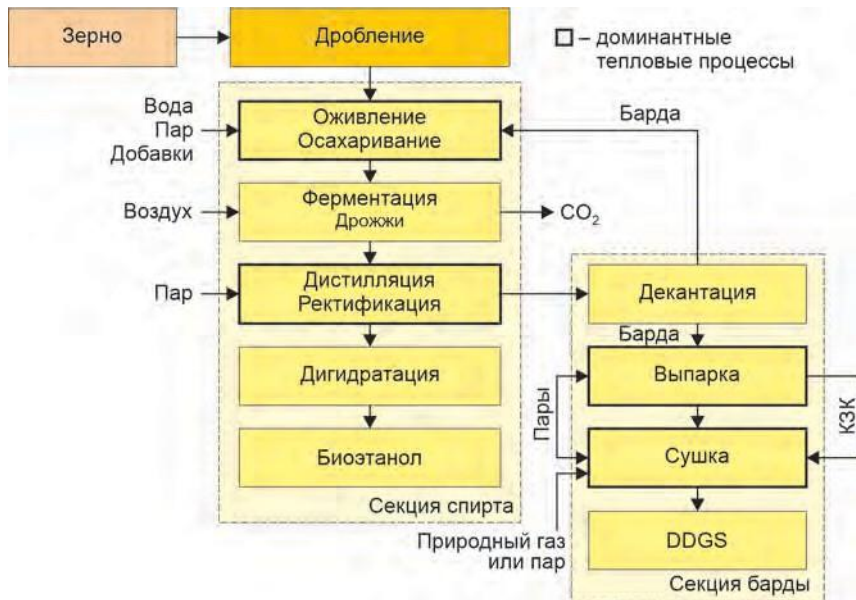


Рис. 17. Схема производства биоэтанола

Технологические процессы производства этанола постоянно совершенствуются. НПК «Экология» (Москва) предлагает технологию, согласно которой спиртовое брожение осуществляется в условиях вакуума с одновременной отгонкой выделяющихся во

время брожения спиртовых паров.

Технология позволяет существенно снизить себестоимость биоэтанола и стоимость технологического оборудования для его производства. Компания имеет собственную современную научную и производственную базу, осуществляет весь комплекс инжиниринговых услуг по созданию и модернизации биотехнологических производств [87].

Реализация данной технологии обеспечивает увеличение скорости образования спирта, уменьшение водопотребления путем концентрирования сухих веществ в сбраживаемом сусле и барде, сокращение до 40% стоимости потребляемых энергоресурсов.

Специалисты ФГБОУ ВО Мордовского ГУ им. Н.П. Огарева (г. Саранск) разработали технологию получения биоэтанола из наноструктурированного растительного сырья, одним из этапов реализации которой является измельчение сырья, в том числе и отходов, до наноразмеров и его переработка без предварительной высокотемпературной или кислотной обработки. Представленная технология обеспечивает увеличение на 1% выход спирта, сокращение на 6-9 ч времени брожения, затрат на электроэнергию и природный газ; исключение оборудования для подготовительных стадий.

На рисунке 18 представлена схема технологии получения биоэтанола из пшеничной соломы (разработана в Калининградском государственном техническом университете). Выход этанола в данном случае составляет 5% массы (в пересчете на сухое вещество). Для получения пригодного топлива необходимы операции ректификации, обезвоживания и денатурирования. Предложенная технология отличается комплексностью и мягкостью обработки [88].

Возможности эффективного кислотного и ферментативного гидролиза активированного сырья и разработку технологии конверсии растительного сырья в биоэтанол продемонстрировали на базе кафедры переработки древесных материалов ФГБОУ ВО КНИТУ (Республика Татарстан).

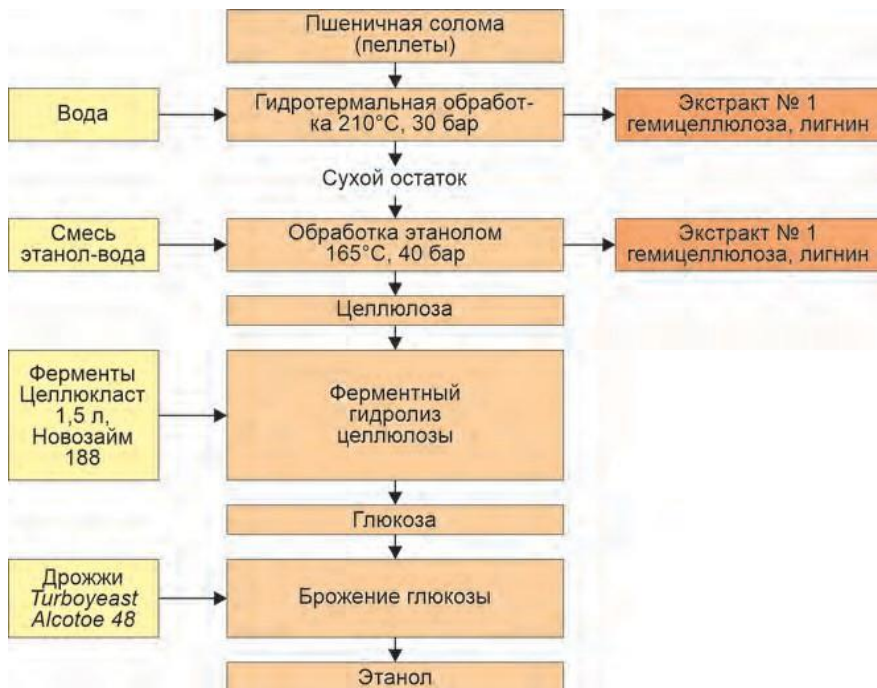


Рис. 18. Схема получения биоэтанола из пшеничной соломы

В качестве сырья использовали древесные отходы сосны и солому пшеницы. Паро-взрывную активацию сырья проводили при температуре 165 и 210°C в течение 5 мин. Параметры кислотного гидролиза: концентрация H_2SO_4 – 0,5 и 1,5%, гидромодуль 1:15, температура гидролиза 187°C, продолжительность гидролиза 5 ч. Параметры ферментативного гидролиза: препарат – Целлюлокс-А (ООО ПО «Сиббиофарм», Россия) – 6 и 12 г/кг сырья, температура гидролиза 45°C, pH субстрата 4,7 (ацетатный буфер), концентрация сырья в субстрате 33 г/л, продолжительность гидролиза 72 ч. Спиртовое брожение гидролизатов проводили при температуре 32-34°C с использованием дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* концентрацией 25 г/л, продолжительность брожения 7 ч. Метод позволяет получить путем кислотного гидролиза и анаэробного сбраживания редуцирующих веществ до 0,26 кг (0,33 л) этанола с 1 кг активированного сырья, а активация соломы пшеницы при той же

температуре – до 0,172 кг (0,218 л) этанола с 1 кг активированной соломы [89].

В ИПХЭТ СО РАН модернизируется технология получения биоэтанола из шелухи овса на стадиях ферментативного гидролиза и спиртового брожения, что позволит повысить эффективность процесса и обеспечить его применимость в промышленном производстве.

Разработаны технологические режимы подпитки субстратом и ферментными препаратами, в результате чего повышение концентрации субстрата позволило повысить концентрацию биоэтанола в бражке и тем самым эффективность на стадии ректификации биоэтанола за счет снижения затрат на ректификацию более концентрированного биоэтанола. Концентрация биоэтанола в бражке увеличена от 2,3 до 5,4% об. [90].

Новейшая разработка Института химии твердого тела и механохимии СО РАН – биотопливо из соломы. Солому предлагается дробить на мельчайшие части, затем ферментировать, в результате у сырья изменяется химический состав, повышается теплопроводность. Выделение энергии соответствует бурому углю, но новое топливо дешевле и безвреднее. Также перерабатываются опилки и шелуха, в дальнейшем планируется перерабатывать любые растительные отходы [91].

Измельченную солому сжигают в факельных горелках, разработанных учеными Института теплофизики СО РАН. Подобные способы получения энергии применяют в ряде стран мира. В Германии за счет такого сырья получают более 40 млрд кВт·ч энергии, в США – до 70 млрд. В России в сферах растениеводства и деревообработки накапливается более 340 млн т отходов в год, однако используется из них не более 1 млн – вот какой потенциал данного вида сырья [10].

Отходы растениеводства могут служить источниками получения биогаза. Наиболее эффективно подвергать анаэробной обработке кукурузную зерностержневую смесь, силосную и зеленую массу, измельченную солому злаковых культур.

В таблице 14 приведены данные выхода биогаза из различных отходов растительного происхождения.

Использование растительных отходов в качестве единственного или основного компонента сброживаемого субстрата

нецелесообразно. Наиболее выгодно анаэробное сбраживание субстратов, представляющих собой смесь, например, навоза или птичьего помета и коферментов, которыми могут являться отходы растениеводства и переработки.

Таблица 14

Выход газа из различных растительных субстратов

Субстрат	Выход газа из 1 т субстрата, м ³
Силос кукурузный	400
Свежая трава	500
Фруктовый жом	70
Свекольный жом	50
Меласса	430
Свекольная ботва	400
Барда зерновая	70
Барда меласная	50
Пивная дробина	160
Корнеплодные отходы	400

В ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева модернизирована технология использования тепловой энергии, выделяемой в процессе компостирования органических отходов. Основывается она на том, что при биотермическом аэробном разложении в результате процессов жизнедеятельности аэробных мезофильных и термофильных бактерий из органических отходов можно получить около 15 тыс. кДж теплоты в расчете на 1 кг кислорода. Оптимальным предложен следующий состав слоя компостной смеси: примерно 25% – азотистые компоненты и 75% – углеродистые, которые должны быть тщательно перемешаны, чтобы избежать гниения смеси. Компостная насыпь объемом около 20 м³ со змеевиковым теплообменником длиной 200 м обеспечивает температуру воды 50-60°C на выходе при ее расходе 2-4 л/мин и температуре входящей воды 10°C [92].

Компания ООО «ГРИНТЕК» (Москва) предлагает линию типовых установок БЭУ различной производительности по производству биогаза, которые предназначены для переработки отходов сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности.

Технология получения альтернативной энергии, реализуемая с помощью биоконплексов ЭВОБИОС, отличается доступностью и экономической эффективностью. Отходы в биогазовом реакторе перерабатываются анаэробными метаногенными бактериями, количество которых на порядок больше (в пересчете на единицу объема), чем в биогазовых системах традиционной конструкции, что обеспечивает компактность и высокую производительность биоконплекса (переработка в течение суток). Биореактор работает в термофильном режиме (52-54°C). В результате уничтожаются патогенные микроорганизмы и происходит процесс обеззараживания отходов. На выходе реактора образуется биогаз с высоким содержанием метана, а также экологически чистое органическое удобрение. Обеспечивается высокое качество вырабатываемого биогаза, не требующее дополнительного обогащения и очистки, – содержание метана составляет более 80%, а сернистые примеси не превышают 0,5-0,7%. Все комплектующие производятся в России [93].

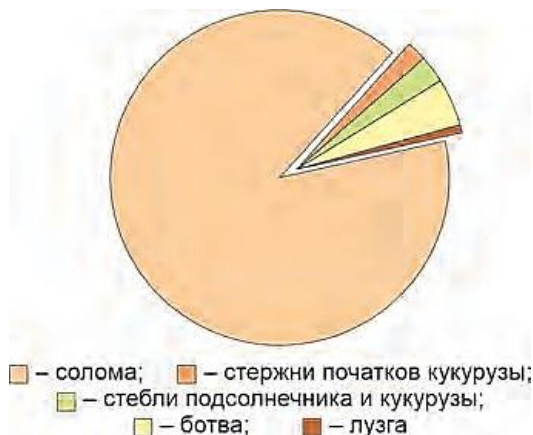
Для получения газа из ботвы перспективны газогенераторные (пиролизные) установки. Главное отличие газогенератора для утилизации ботвы от такого же аппарата, но предназначенного для сжигания древесины, в том, что топливо подается небольшими порциями, поддерживая оптимальный режим тления.

Еще один способ переработки ботвы в газ связан с перегниванием: ботву смешивают с экскрементами любых животных и помещают в относительно теплую среду без доступа кислорода. Микроорганизмы, делая из органики перегной, во время своей жизнедеятельности выделяют метан, являющийся горючим газом, пригодным для использования в большинстве устройств, работающих на газе. Такие газогенераторы изготавливают в виде герметичных камер из пластика или нержавеющей стали, куда загружают водный раствор органических материалов. Под воздействием воды начинается процесс гидролиза, т.е. распад полисахаридов, из которых и состоит большая часть листа, на простые сахара, пригодные для питания микроорганизмов. Жидкое топливо получают путем разложения сложных полисахаридов, из которых состоит ботва, на моносахариды (глюкозу) с последующим сбраживанием и дистилляцией. Конечным результатом этих процессов являются разнообразные спирты, которые тоже можно

использовать в качестве топлива. После добавления к ним различных масел и других компонентов получается горючее, по своим характеристикам близкое к бензину или солярке (зависит от типа и пропорции добавок) [94, 95].

Если рассмотреть примерный видовой состав отходов в полеводстве, представленный на рисунке 19, то видно, что основная доля отходов приходится на солому. Поэтому именно у данного вида отходов большие перспективы в переработке на биотопливо (табл. 15-17). При урожайности 40 ц/га можно получить с 1 га количество органического топлива, эквивалентное 1,5 т жидкого топлива, а 5 кг соломы по количеству выделенного тепла эквивалентны 1,6 кг жидкого топлива. По данным исследователей [8, 84], основной технологией переработки соломы и стеблей в энергоносители может стать биогазовая, которая обеспечивает производство биометана, возврат в почву макро- и микроэлементов, способствующих раскислению почв и образованию гумуса.

Сложность переработки соломы состоит в большом количестве хлора, азота, которые в процессе сжигания вызывают повышенную эмиссию оксидов азота, кремния и калия, усложняющих эксплуатацию установок.



*Рис. 19. Структура
видового состава
отходов в
растениеводстве*

Таблица 15

**Количество биогаза, получаемого при анаэробном сбраживании
различного исходного субстрата**

Вид исходного субстрата	Содержание сухого вещества, % мас.	Выход биогаза, м ³ /т
Измельченная солома (ячмень)	86	300
Солома (пшеница)	86	280
Силосная масса: трава	40	200
Кукуруза	35	208
Трава (луговая)	18	95
Тростник (стебель, листья, метелки – содержание клетчатки 36%)	60	380
Кукурузная зерностержневая смесь (содержание клетчатки 5%)	65	414

3.6. Расчет биогазовой установки

В таблице 16 приведены основные параметры выхода отходов фермы [96]. На ферме есть три животноводческих помещения, в которых размещаются животные, выделяющие определенное количество кала и мочи. Генеральный план фермы приведен на рисунке 20.

Количество навозной массы G_i (кг), получаемой от одного животного, подсчитывают по формуле

$$G_i = \alpha(K_i + M_i) + P_i, \quad (1)$$

где K_i, M_i - суточное выделение кала (помета) и мочи одним животным, кг; P_i - суточная норма подстилки на одно животное, кг (табл. 16); α - коэффициент, учитывающий разбавление экскрементов водой: при транспортёрной системе $\alpha=1,2$; самотечной $\alpha=1,5$; при лотково-смывной системе с сухой чисткой полов $\alpha=3...3,5$; при лотково-смывной системе с мойкой полов $\alpha=5...6$.

В таблице 16 приведено поголовье фермы с размещением в производственных помещениях и выход навоза от животных.

Количество навозной массы G_i (кг), получаемой от одной коровы $G_i = 66,5$ кг/сут.; от одного теленка в возрасте 3-4 мес. – 12,4 кг/сут.; от одного молодняка в возрасте 12 мес. – 22,1 кг/сут.

Выход навоза на ферме, кг

Суточное выделение кала (помета) одним животным, K_i , кг	
коровы дойные	35
коровы сухостойные	35
нетели	35
телята	5
молодняк	12
Суточное выделение кала мочи одним животным, M_i , кг	
коровы дойные	20
коровы сухостойные	20
нетели	20
телята	2
молодняк	6
Суточная норма подстилки на одно животное, $П_i$, кг	
коровы дойные	0
коровы сухостойные	0
нетели	0
телята	4
молодняк	0,5
Количество навозной массы, получаемой от одного животного, G_i , кг по формуле (1)	
коровы дойные	35
коровы сухостойные	35
нетели	35
телята	5
молодняк	12

Суточный выход n $G_{\text{сум}}$ (кг) навоза с фермы (комплекса) находят по формуле

$$G_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^n G_i m_i, \text{ кг}, \quad (2)$$

где m_i - поголовье животных однотипной производственной группы; n - количество производственных групп на ферме (комплексе).

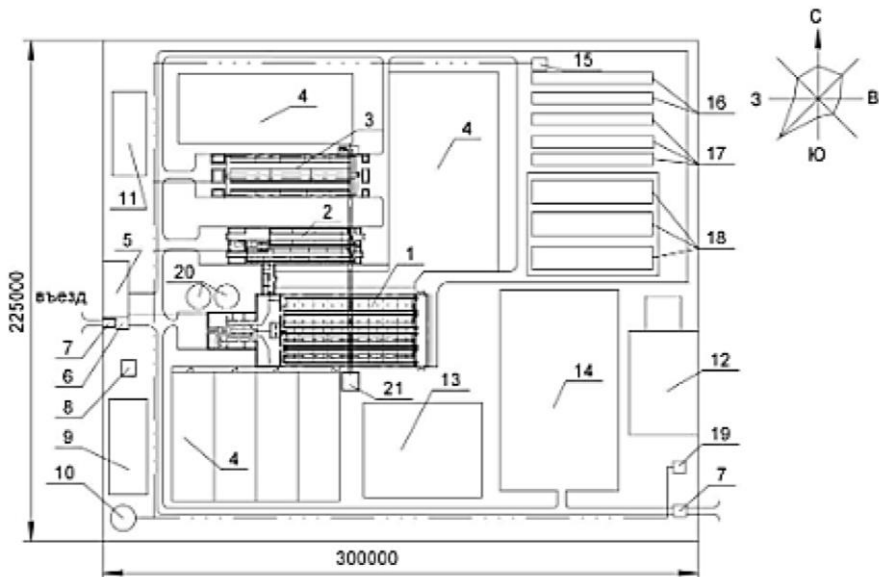


Рис. 20. Генеральный план фермы:

- 1 – коровник; 2 – родильное отделение; 3 – телятник; 4 – выгульные площадки; 5 – административное здание; 6 – весовая; 7 – дезинфекционный барьер; 8 – подстанция; 9 – пожарный водоем; 10 – водонапорная башня; 11 – котельная; 12 – гараж; 13 – площадка для биогазового цеха; 14 – навозохранилище; 15 – комбикормовый цех; 16 – сенажные траншеи; 17 – силосные траншеи; 18 – сеновал; 19 – убойный пункт; 20 – зерносклад; 21 – навозоприемник

Годовой выход навоза G_z (т) находят по формуле

$$G_z = G_{\text{сут}} D / 1000, \text{ т}, \quad (3)$$

где $D = 210$ - число дней накопления навоза, т.е. продолжительность стойлового периода.

По этой же формуле рассчитывается выход навоза с животноводческого помещения, тогда под n учитывается количество животных i -го вида, находящихся в помещении.

Требуемую производительность технического средства определяют по выражению

$$Q_{\text{пр}} = \frac{G_{\text{сут}}}{1000 \beta T \mu}, \text{ т/ч}, \quad (4)$$

где β - кратность уборки навоза, $\beta=3 \dots 6$; T - время на разовую уборку

навоза, $T=0,5 \dots 1$ ч; μ - коэффициент, учитывающий неравномерность уборки навоза, $\mu=1,3$.

Принимаем для уборки навоза дельта-скреперную установку **УС-15**, производительность которой по технической характеристике $Q_{\phi}=10$ т/ч, тогда количество навозных транспортеров при округлении в большую сторону равно

$$n = \frac{Q_{mp}}{Q_{\phi}} = , \text{ шт.}, \quad (5)$$

Аналогично рассчитывается потребность, в средствах уборки навоза в родильном отделении и телятнике. В этих производственных помещениях для уборки навоза предусматриваются следующие технические средства: в родильном отделении два транспортера **ТСН-160**, в телятнике – два транспортера **УС-15**.

В проектируемой технологии биогазовой установки субстратом является подготовленный по влажности навоз крупного рогатого скота, который может смешиваться с растительными отходами, например, кукурузным силосом.

Навоз от животноводческой фермы с помощью сборного транспортера **УС-10** (рис. 20) подается в приемную емкость 1 биогазовой установки, затем с помощью насоса-измельчителя 2 подается в смеситель-предсбраживатель 3. В смесителе-предсбраживателе проводится подготовка субстрата (смешивание с водой до получения влажности 90%).

Подготовленный субстрат фекальным насосом 5 подается поочередно в реакторы 7. Реакторы загружаются в течение двадцати суток.

После того как будет загружен первый метантенк, из него ежедневно будет отбираться и подаваться суточная норма субстрата во второй метантенк. После его заполнения из второго реактора отбирается суточная норма субстрата и вносится суточная норма из первого реактора, который загружается свежим субстратом. Отбираемый со второго реактора перебродивший субстрат подается в приемную емкость 6, откуда подается в цех сепарации. Таким образом, процесс сбраживания субстрата в метантенке будет происходить в течение 20 дней, что достаточно для сбраживания при мезофильном режиме. Выгруженный в приемную емкость перебродивший навоз с помощью насоса 5 подается в шнековый сепаратор цеха сепарации 16, где разделяется на твердую и жидкую фракции, жидкая фракция

можно найти по формуле

$$W_c = \frac{W_n + 100(\alpha - 1)}{\alpha_B}, \%, \quad (6)$$

где W_n - влажность экскрементов (для крупного рогатого скота 87%, для свиней 87...88%, для овец 74...75%); $\alpha_B = 1,3$ - коэффициент добавки воды и растительных остатков в навоз.

Найдем коэффициент добавки воды и мочи для того, чтобы получить влажность субстрата $W_c = 90\%$. Допускается использовать для ферментации влажным способом субстрат 90%-ной влажности при его получении из навоза при беспривязном содержании.

Суточная масса субстрата равна

$$m_{суб} = \alpha_6 G_{сум}, \text{ кг/сут.} \quad (7)$$

Масса сухого вещества в навозе определяется по формуле

$$m_{св} = \frac{G_{сум}}{1000} \left(1 - \frac{W_c}{100}\right), \text{ т.} \quad (8)$$

Объем суточного выхода субстрата равен

$$V_{суб} = \frac{m_{суб}}{1000\rho}, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (9)$$

где $\rho = 0,9 \text{ т/м}^3$ - плотность жидкой фракции субстрата.

Объем метантенков при мезофильном температурном режиме ($t = 40 \pm 1^\circ\text{C}$) и при 20 -дневном процессе ферментации будет равен

$$V_{мет} = 20V_{суб}, \text{ м}^3. \quad (10)$$

Принимаем объём одного метантенка $V_R = 450 \text{ м}^3$. Тогда необходимое количество метантенков в биогазовой установке будет равно

$$n_{мет} = \frac{V_{мет}}{V_R}. \quad (11)$$

Масса сухого органического вещества в навозе равна

$$m_{сов} = m_{св} \cdot p_{сов} / 100, \quad (12)$$

где $p_{сов}$ - содержание сухого органического вещества в массе сухого навоза, $p_{сов} = 83\%$ к массе сухого вещества.

Концентрация сухого органического вещества в массе субстрата $m_{суб}$ равна

$$c = 1000m_{сов} / m_{суб}. \quad (13)$$

Объемная нагрузка реактора рассчитывается для реактора $V_R=450$ м³ при подаче субстрата $m_{суб}$, кг/сут. с концентрацией органического вещества c

$$B_R = m_{суб}c / V_R, \text{ кг/м}^3/\text{сут.} \quad (14)$$

Еще одним параметром для расчета размера резервуаров является гидравлическое время пребывания H_{RT} , сут. Это время, в течение которого поданный в реактор субстрат в среднем остается в реакторе до его удаления оттуда. Для расчета берут отношение объема реактора V_R к подаваемому в реактор за сутки объёму субстрата $V_{суб}$. Гидравлическое время пребывания субстрата в реакторе равно

$$H_{RT} = V_R / V_{суб}, \text{ сут.} \quad (15)$$

Этот показатель характеризует время загрузки реактора, фактически содержимое реактора без выгрузки будет находиться в 2 раза больше, так как в установке проектируется 2 реактора. При условии неизменного состава субстрата с увеличением объемной нагрузки в реактор подается больше сырья и соответственно, сокращается время пребывания. Эти эксплуатационные параметры биогазовой установки служат в первую очередь для описания ситуации с нагрузкой, например, для сравнения различных биогазовых установок. В процессе запуска установки параметры могут оказаться полезными для управления установкой. При этом, как правило, внимание уделяется объемной нагрузке. На установках с большими подаваемыми объемами жидкости и незначительным содержанием разлагаемой органики время пребывания имеет большее значение.

Для описания производительности биогазовой установки хорошо подходят производительность $P_{СН4}$: объем получаемого газа $V_{мет}$ и степень разложения $\eta_{св}$. Если получение газа соотносится с объемом реактора, говорят о производительности. Она определяется как отношение суточного объема получаемого газа и объема реактора и, следовательно, характеризует эффективность.

Объем получаемого биогаза (метана) за сутки равен

$$Q_{сут.г} = B_R G V_R, \text{ м}^3/\text{сут.}, \quad (16)$$

где $G = 0,35$ м³/кг - выход биогаза с 1 кг сухого вещества.

Производительность по биогазу (метану) равна

$$P_{газа} = Q_{сут.г} / V_R, \text{ сут.}, \quad (17)$$

Объемы получаемого газа характеризуют эффективность

получения биогаза метана из используемых субстратов. Но в качестве отдельных параметров они являются мало репрезентативными, так как не учитывают эффективную нагрузку реактора. По этой причине объем получаемого газа всегда следует рассматривать в связи с объемной нагрузкой.

Выход биогаза за стойловый период равен

$$V_{год} = Q_{сут.г} D, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (18)$$

Конструкция реактора приведена на рис. 22. Для улучшения процесса перемешивания субстрата используется установка лопастной мешалки с креплением привода вне реакторов. Корпус реактора изготавливается из стали.

Расчётный объём реактора определяется по формуле

$$V_p = \frac{G_{сут} n}{\varphi \rho k}, \text{ м}^3. \quad (19)$$

где $G_{сут}$ - суточный выход навоза с фермы (комплекса КРС) по формуле (2); $\varphi = 0,825$ - коэффициент заполнения емкости; $\rho = 850 \text{ кг/м}^3$ - объемная масса субстрата (навоза); $k = 2$ - количество реакторов; $n = 20$ сут. - продолжительность брожения субстрата.

Объем одного реактора принимаем $V_R=450 \text{ м}^3$, при этом диаметр цилиндрической части $D_R=10 \text{ м}$, высота $H_R=7 \text{ м}$.

В проекте принят спаренный цилиндрический метантенк с коническим днищем и погружной лопастной мешалкой.

Для условий сельскохозяйственных предприятий выбираем газгольдер «мокрый низкого давления». Для обоснования его размеров необходимо рассчитать суточный выход биогаза.

Объем газгольдера определяется по формуле

$$V_{газ} = Q_{сут.г} / 12,5, \text{ м}^3, \quad (20)$$

где $Q_{сут.г} = 1152,99 \text{ м}^3$ - объем получаемого биогаза (метана) за сутки по формуле (16); 12,5 - переводной коэффициент [104, с.253].

Зная объем, находим размеры газгольдера

$$V_{газ} = \frac{\pi D^2}{4} H, \text{ м}^3, \quad (21)$$

где $D = 5 \text{ м}$ – принятый диаметр купола газгольдера.

Тогда высота газгольдера равна

$$H = \frac{4V_{газ}}{\pi D^2}, \text{ м}. \quad (22)$$

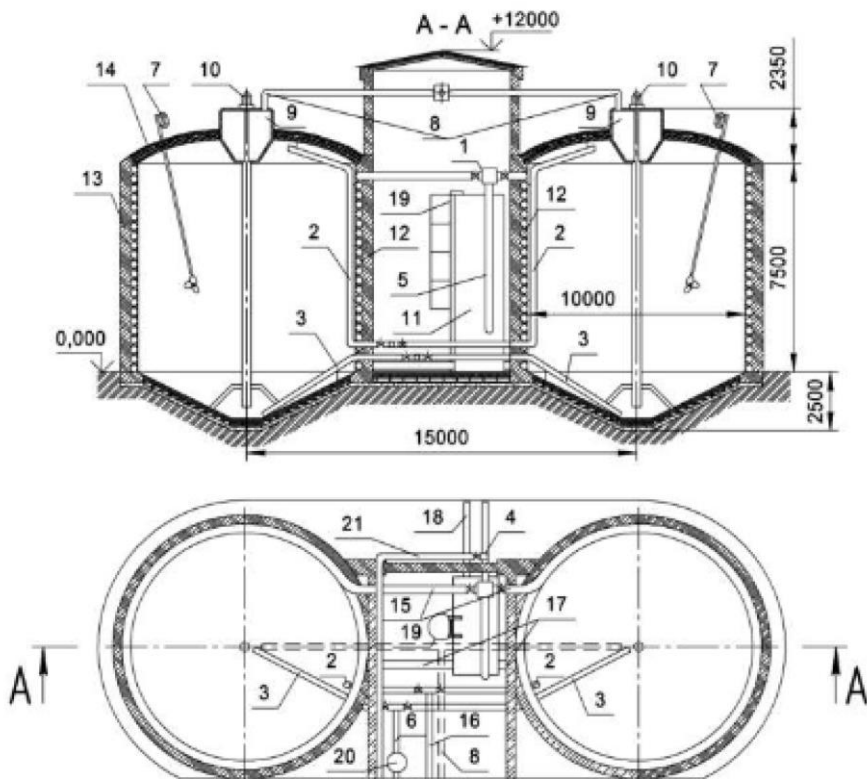


Рис. 22. Спаренный метантенк:

- 1 – водяной инжектор; 2 – трубопровод подачи субстрата;
 3 – трубопровод выгрузки перебродившего субстрата; 4 – трубопровод подачи горячей воды из когенератора в инжектор; 5 – трубопровод подачи холодной воды в инжектор; 6 – трубопровод подачи к насосу для опорожнения метантенков; 7 – мешалка лопастная с приводом вне метантенка; 8 – газоотводящий трубопровод; 9 – фиксированный купол;
 10 – привод пропеллерной мешалки; 11 – ёмкость для воды; 12 – водяная рубашка; 13 – термоизоляция; 14 – кровля; 15 – трубопровод подачи воды в водяную рубашку; 16 – трубопровод подачи от насоса для заполнения метантенков; 17 – трубопровод забора воды из водяной рубашки;
 18 – трубопровод возврата воды в когенератор; 19 – лестница; 20 – насос подачи субстрата в сборную ёмкость; 21 – трубопровод подачи горячей воды в ёмкость биогазового цеха

Масса груза на колоколе газгольдера при давлении газа $p = 0,05$

т/м² равна

$$m_2 = \rho F, \text{ т}, \quad (23)$$

где площадь купола газгольдера определяется как

$$F = \frac{\pi D^2}{4}, \text{ м}^2. \quad (24)$$

Рабочий процесс проектируемой биогазовой установки осуществляется по одноступенчатому непрерывному (проточному) методу. Навоз от животноводческой фермы с помощью сборного транспортера подается в приемную емкость биогазового цеха, затем с помощью погружной насоса серии PTS 2.2-80 подается в смеситель-предсбраживатель, где проводится подготовка субстрата (смешивание с водой до получения влажности 90%). Подготовленный субстрат фекальным насосом серии ET подается поочередно в каждый реактор, который загружается в течение 16...20 сут.

Биогаз используется для выработки тепловой и электрической энергий в когенерационной установке. Для выбора когенерационной установки необходимо рассчитать количество энергии, получаемой от использования биогаза. Расчет количества энергии при производстве газа за сутки выполняется по формуле

$$Q_{\text{газ}} = V_{\text{газ}} \rho \gamma, \text{ МДж/сут.}, \quad (48)$$

где $\rho=1,20 \text{ кг/м}^3$ - плотность биогаза (60% CH_4 + 40% CO_2); $\gamma=21,5 \text{ МДж/кг}$ - объемная теплота сгорания биогаза.

Главным преимуществом когенерационной технологии являются высокий коэффициент эффективности производства энергии и значительная экономия топлива по сравнению с отдельным производством каждой из них, что оказывает влияние на экологию и экономику производства.

Электрическая энергия, произведенная когенерационной установкой, используется для покрытия собственных нужд фермы, избытки можно поставлять в сеть. Тепло, произведенное установкой, используется при производстве биогаза и на нужды фермы.

Индивидуальные варианты заданий для курсовой работы приведены в *Приложении*.

Возможное количество энергии получения энергии с 1 га сельскохозяйственной земли приведены в таблице 17.

Таблица 17

Возможные объёмы получения энергии с 1 га земли

(по данным П. Вильямса из университета г. Принстона) [98]

Энергетическая культура (топливо)	Получение энергии с 1 га (ГДж)
Рапс	50
Пшеница	70
Сахарная свекла	135
Биоэтанол, полученный путем газификации древесины	160
Водород, полученный путем газификации древесины	205

В таблице 18 представлена теплотворная способность различных видов соломы и материалов, которые чаще других используются для отопления [99].

Таблица 18

Показатели теплотворной способности материалов

Материал	Теплотворная способность		
	кКал	кВт	МДж
Солома:	3400	3,95	14,2
пшеничная свежая			
пшеничная сухая	3750	4,4	15,7
льна́ная свежая	3400	3,95	14,2
льна́ная сухая	3805	4,4	16
Пеллеты/брикеты:	3500	4	14,65
из свежей соломы (влажность 30-40%)			
из соломы после высыхания (влажность 10-15%)	4000	4,65	16,7
из опилок или щепы	4100	4,8	17,1
Дрова свежие (влажность 50-60%)	1940	2,2	8,1
Дрова сухие (влажность 20%)	3400	3,95	14,2
Уголь бурый	3100	3,6	13
Уголь черный (каменный)	6450	7,5	27
Щепа сухая (влажность 20-30%)	2610	3	11
Опилки (влажность 20-40%)	2100	2,4	8,8

Во время термических процессов конверсии биомассы зола часто шлакуется, что повышает эксплуатационные затраты на обслуживание теплогенерирующей установки. Поэтому перспективна газификация в режиме фильтрационного горения, обладающая рядом преимуществ: высокой чистотой отходящих газов и эффективностью процесса, возможностью использования низкокалорийных и мелкодисперсных отходов. При газификации топлива образуется продукт – газ (смесь CO, H₂, CO₂ и др.), который после очистки можно использовать для получения тепловой или электрической энергии [97]. Для повышения эффективности переработки растительных отходов в топливо необходимо добавлять углеводородсодержащее сырье с целью улучшения химического состава и, соответственно, качества композитного сырья.

В ФГБОУ ВО Кубанский государственный технологический университет разработана технология совместной переработки углеродсодержащего сырья растительного происхождения (УССРП) и углеводородсодержащего нефтяного сырья (УВСНС). При ее реализации применяются методы волнового воздействия (на проточном активаторе уникальной конструкции, представляющие собой центробежный насос с встроенными гидродинамической камерой и камерой высокочастотного электромагнитного излучения) и механоактивации (дробление и измельчение с последующим диспергированием и эмульгированием в среде углеводородсодержащего сырья до размеров 1-100 мкм). Используются также газификация, пиролиз, каталитические процессы получения ряда нефтехимической продукции конверсией синтез-газа и метанола. Данная технология будет наиболее востребована в регионах, где имеется соответствующая ресурсная база, например, в Краснодарском крае. Технология позволяет встроить ее в виде единого цикла в существующие схемы заводов без их реконструкции [100-101].

Производство подобных альтернативных источников энергии способствует ресурсосбережению в отрасли растениеводства и сохранению природных ресурсов, поскольку выработка продукции осуществляется из отходов или вторичного сырья, что перспективно для развития зеленой экономики в России. Ускоряющим фактором для широкого внедрения подобных технологий служат инвестиционные проекты.

3.7. Субстраты

Промышленное грибоводство в Российской Федерации активно развивается (табл. 19), ведется строительство современных грибоводческих комплексов, внедряются новейшие технологии.

Таблица 19

Темпы роста объемов производства грибной продукции в Российской Федерации, тыс. т

Год	Шампиньон	Вешенка	Шиитакэ	Всего
2010	6420	1213	-	7633
2011	6792	1240	-	8032
2012	7300	1800	-	9100
2013	7110	2237	-	9347
2014	8349	2751	-	11100
2015	7048	2770	24	9842
2016	9900	3475	84	12459
2017	12300	1800	85	18100
2018	21500	3500	92	25000
2019	52230	3770	100	56000
2020	80900	7000	100	88000
2021	118243	7000	100	125343

Промышленное грибоводство не имеет сезонного характера. Оно является экологически ориентированным и безопасным на всем протяжении производственного процесса, начиная от приготовления субстрата до окончания сбора урожая, поскольку используются возобновляемые естественные органические ресурсы – отходы сельскохозяйственного производства: солома злаковых культур, навоз или помет в виде исходного сырья для приготовления питательных субстратов, необходимых для выращивания грибов [102, 103].

В большинстве стран мира, где первенство в грибной индустрии занимает шампиньон, внедрена технология трехфазного приготовления субстрата, созданы специализированные компостные предприятия, централизованно производящие высококачественный компост для выращивания шампиньонов [104]. Компостные предприятия осуществляют процессы

предварительной подготовки исходных компонентов и их ферментации, термической обработки и проращивания мицелия гриба «в массе». Для этого используются бункеры с вентилируемыми полами и специализированные тоннели. Процессы полностью механизированы и автоматизированы, разделены с производственным комплексом, в котором ведется непосредственное выращивание плодовых тел грибов. В шампиньонницу питательный субстрат поступает после технологической обработки паром в тоннелях, где обеззараживается. При данной технологии цикл выращивания сокращен до шести недель, в год осуществляется 8,6 оборотов культуры с увеличением выхода продукции в 1,81,9 раза по сравнению с ранее используемой технологией (со 135 до 258 кг/м²). Оборот культуры в камере выращивания, полноценно загруженной субстратом, по окончании сбора урожая завершается операцией термической обработки камеры паром при температуре 70°С в течение 6-8 ч. Субстрат после оборота культуры шампиньона может использоваться как органическое удобрение, чистое от источников инфекций и обогащенное азотом за счет оставшегося в нем мицелия.

Трехфазная технология производства субстрата исключает возможность попадания вредных выбросов в атмосферу и водные источники. Приготовление субстрата и увлажнение исходных материалов проводятся с применением замкнутой системы оборотного водоснабжения. Все стоки с производственных помещений и коридоров собираются, проходя через фильтры, в резервуары. Затем повторно используются для увлажнения субстрата. Для нейтрализации газообразных продуктов метаболизма, в частности аммиака, сероводорода, выделяемых в первой и второй фазах приготовления субстрата, предусмотрено размещение специализированного фильтра, который их нейтрализует. Принцип работы замкнутой системы воздухообмена заключается в том, что воздух из бункеров, где начинается ферментация субстрата с активного подъема температуры и выделения аммиака и других продуктов, собирается и направляется по воздушному каналу в заднюю часть тоннелей. Одновременно собирается воздух из тоннелей пастеризации, где завершается процесс ферментации субстрата после его термической обработки и выделения остаточного количества газов. Вместе с воздухом из

бункеров он направляется в воздухоохладитель, затем в газоочиститель и далее конденсируется в биофилтре. В окружающую атмосферу из производственных помещений сбрасывается очищенный от аммиака воздух. При приготовлении субстрата ограничено допускается использование в качестве защитных средств химических препаратов, разрешенных для применения в грибоводстве в соответствии с Государственным каталогом пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации [105].

В российском промышленном грибоводстве широко применяется так называемый «синтетический субстрат», основными компонентами которого являются пшеничная солома и бройлерный помет (вместо конского навоза). Зерновая солома снабжает массу трудно расщепляемыми углеводами и придает надлежащую структуру субстрату. Сохранение структуры после увлажнения, длина и твердость соломы крайне важны. Более того, солома должна иметь хорошую влагоудерживающую способность. Куриный помет содержит большое количество легко расщепляемых углеводов и азота. Этот материал используется для запуска процесса ферментации массы. Гипс добавляют в субстрат для улучшения его структуры и создания необходимой кислотности среды (рН). Такой тип субстрата полностью отвечает требованиям технологии выращивания шампиньона. Однако отмечено, что куриный помет, поступающий с разных птицеводческих ферм, различен по составу, поскольку на этих производствах используются разные подстилочные материалы (солома, полова, древесные опилки, стружка). Из-за этого содержание общего азота в курином помете варьирует от 2,5 до 4,5%, что обуславливает важность подбора исходных материалов и определения их количественного соотношения. Согласно требованиям, в исходной массе подобранных материалов для субстрата должно содержаться 1,8-2,2% общего азота (в пересчете на сухое вещество). Другие основные элементы питания (фосфор и калий) в «синтетическом субстрате», как правило, содержатся в необходимых количествах.

Ферментация исходных материалов субстрата включает в себя три различные фазы и проводится на основе следующих компонентов: зерновая солома, куриный помет, гипс (рис. 23).



*Рис. 23. Исходное сырье
для субстрата: киты с соломой, куриный помет, гипс*

В мировой практике для приготовления «синтетического субстрата» для шампиньонов, кроме соломы злаковых, используют широкий спектр материалов растительного происхождения: растительные остатки кукурузы (стебли и початки), подсолнечника; солому сорго; стебли тростника и другое, но предпочтение отдается соломе, в первую очередь пшеничной, однако используются и ржаная, и рисовая, реже ячменная. Ячменная солома при приготовлении субстрата дает чрезмерную влажность, но это устраняется при ее применении в смеси с пшеничной. Следует отметить, что у большинства перечисленных зерновых культур нет существенных отличий по химическому составу соломы (табл. 20).

**Химический состав соломы злаковых культур,
пригодных для приготовления субстрата для культивирования шампиньона**

Зерновая культура	Содержание, %							
	Влага (от общей массы)	зола	азот общий	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Na ₂ O
Пшеница озимая	14,0	44,85	0,50	0,26	0,90	0,28	0,11	0,06
Пшеница яровая	14,0	33,50	0,65	0,20	0,75	0,26	0,09	0,06
Рожь озимая	14,00	44,00	0,45	0,26	1,00	00,29	00,09	0,10
Рожь яровая	14,0	44,20	0,56	0,20	0,75	00,38	00,10	0,06
Ячмень	14,0	44,45	0,50	0,20	1,00	00,30	00,09	0,50
Овес	14,0	66,45	0,65	0,35	1,60	00,38	00,12	0,40
Просо	14,0	33,80	0,58	0,18	1,59	00,13	00,05	0,07
Рис	14,0	44,70	0,45	0,23	1,05	00,18	00,08	0,08

Морфология соломы пшеницы и ржи такова, что соломины имеют более толстую стенку в отличие от тонкостенной соломины ячменя и овса. Поэтому использование соломы только ячменя или только овса при приготовлении субстрата нежелательно из-за быстрой потери прочности. Быстро разложившиеся соломины обуславливают потерю субстратом структуры, обеспечивающей ему оптимальные водно-воздушные характеристики.

Для качественного субстрата важны также толщина стенок соломины, ее наполненность, сроки уборки. Свежая, только что убранная солома ферментируется плохо, что связано с состоянием ее поверхностного слоя, препятствующего впитыванию воды в период предварительной подготовки. Кроме того, химический состав соломины сильно меняется в зависимости от фазы спелости, типа почвы, фона удобрений в период выращивания культуры [106].

В процессе хранения соломы в течение двух-трех месяцев после уборки в солоmine происходят процессы перестройки гемицеллюлозного комплекса, и она становится более влагопроницаемой. В связи с этим заготовка соломы необходимого количества и качества для крупномасштабного промышленного производства грибов является одним из важнейших моментов в технологическом процессе приготовления субстрата. Солома для применения в грибоводстве должна быть урожая текущего года, желательно без примесей сорной растительности и инородных примесей (камни, почва и др.). Длительно хранящаяся солома, особенно сильно пораженная плесенью, непригодна. Процесс ферментации субстрата может иметь нежелательную направленность в сторону гниения, особенно в тех частях массы, где образовались анаэробные зоны при плохой аэрации.

В случае дефицита того или иного вида соломы можно использовать смеси из различных её видов, но с преобладанием соломы пшеницы или ржи. Продуктивность субстратов, в составе которых использованы смеси из различных видов соломы, существенно не отличается от контрольного варианта (солома озимой пшеницы), но возможен несколько более высокий уровень влагосодержания, который в последующем выравнивается (после второй фазы – термической обработки).

Кроме шампиньона, к широко распространенным культивируемым съедобным грибам относится вешенка. Она является древесным сапрофитом. Известно около 40 видов этого гриба, произрастающих в естественных условиях, и только около 10 из них введены в культуру. Особой популярностью пользуются вешенки обыкновенная и королевская.

Расширение объемов выращивания вешенки и других видов дереворазрушающих грибов в специализированных грибных комплексах на основе современных технологий и технологического оборудования является для нашей страны очень перспективным направлением развития промышленного грибоводства. Общий годовой объем производства этих видов грибов в России не превышает 5-6 тыс. т в год, что составляет 5% общего объема производства. Но интерес производителей к данному виду гриба растет в связи с тем, что вешенка – одна из наиболее быстрорастущих грибных культур, устойчивая к болезням, обладающая высокой конкурентной способностью по отношению к патогенной микрофлоре, способная произрастать на разнообразных лигноцеллюлозных субстратах. Преимуществами группы дереворазрушающих грибов являются питательная и лекарственная ценность благодаря их мощному ферментативному аппарату и содержанию остродефицитных микроэлементов (селена) и витаминов группы В и РР. В России отмечается достаточное ресурсное обеспечение для выращивания дереворазрушающих и других экзотических грибов, так как многие регионы производят зерновые и технические культуры, подсолнечник. Отходы от перечисленных производств могут использоваться в грибоводстве в качестве исходных материалов для приготовления субстратов.

Авторами-исследователями разработана и внедрена технология стерильного производства субстрата на основе костры льна, шелухи семян подсолнечника, соломы злаковых культур, березовых и дубовых опилок для культивирования шиитаке (внедрено на базе ООО «Апрель», Тульская область) [107, 108].

Промышленные способы приготовления субстрата в России используются в основном в специализированных хозяйствах по выращиванию шампиньонов. При выращивании вешенки на малых предприятиях применяются простейшие способы обработки

исходных материалов: замачивание в горячей воде без контроля температурного режима и др. В качестве субстрата для ее культивирования используется широкий спектр целлюлозосодержащих материалов. Наиболее распространенным видом исходного сырья является солома злаковых культур – озимой пшеницы, ржи, ячменя после измельчения и предварительного увлажнения. Солома имеет низкое содержание общего азота, быстро разлагается, теряя массу и влагу, поэтому в субстрат на основе соломы вносят биологически активные добавки, позволяющие достичь высокой питательности и хорошей воздухопроницаемой структуры, или смешивают солому с другими органическими материалами, содержащими белковый азот. Такие субстраты представляют собой композиции, для которых рассчитывают содержание азота по соответствующей методике с учетом влажности исходных материалов и содержания азота в сухом веществе.

Внедрение технологий промышленного приготовления субстрата с использованием местных исходных материалов позволило бы организовать малый и средний бизнес по выращиванию плодовых тел вешенки, многократно увеличив незначительные объемы ее производства в настоящее время.

Во ВНИИО разработаны технология и технологический регламент замкнутого цикла производства вешенки, в котором повторно используются отработанный в защищенном грунте после выращивания основных культур – огурца и томата кокосовый материал, солома озимой пшеницы и лузга семян подсолнечника в качестве компонентов субстрата для выращивания плодовых тел гриба. Новизна данной технологии заключается в том, что впервые предложена система замкнутого цикла производства в защищенном грунте с повторным использованием отработанных материалов для производства дополнительной грибной продукции. Практическая значимость – повторное применение отработанного кокосового материала после оборота основных культур в теплицах в качестве компонента субстрата, что существенно снижает его себестоимость (на 13-15%), обеспечивает рентабельность производства не менее 100%. В качестве субстрата для культивирования еще одной распространенной культуры гриба – шиитаке используются опилки

пород несмолистых деревьев. Наиболее распространенным видом исходного сырья являются опилки дуба, составляющие до 80% общего объема в сочетании с различными питательными добавками. Добавки нужны из-за сложности обеспечения однородного состава опилок, требований шиитаке к фракционному составу (размер частиц), оптимального соотношения твердой и воздушной фаз, необходимых для хорошего развития мицелия гриба. Добавки также оптимизируют и повышают содержание азота в субстрате. Для расчета питательной ценности субстрата необходимо знать содержание азота в применяемых компонентах и питательных добавках. Опилки дуба и березы содержат около 0,35-0,37% азота в сухом веществе, лузга семян подсолнечника – 0,8-0,85, пшеничные отруби – 2,4-2,6%. Общее содержание азота в сухом веществе субстрата без применения питательных добавок не превышает 0,20-0,30% и составляет с ними до 2,5-4% (табл. 21). Наиболее эффективно применение питательной добавки из шрота или муки сои.

Таблица 21

Содержание азота в исходных материалах

Сырье	Общий азот от сухого вещества, %
<i>Основные компоненты</i>	
Осиновые, дубовые опилки	0,37
Костра льна	0,52
Пшеничная солома	0,6
Хлопковые очесы	0,62
Лузга подсолнечника	0,85
<i>Питательные добавки</i>	
Сено (разнотравье)	1,3
Кунжутное семя	1,6
Сено клевера	2,0
Солодовые ростки	2,03
Сено люцерны	2,4
Сено гороха	2,38
Какаоветла	2,46
Пшеничные отруби	2,58
Пивная дробина	4,42
Соевая мука	7,09
Перьевая мука	12,0

Существует необходимость дальнейшего поиска, разработки и обоснования регламентов применения различных биологически активных добавок и регулирующих рост препаратов, органических отходов и других веществ с целью оптимизации состава и структуры субстрата в технологическом процессе его приготовления для выращивания грибов на промышленной основе.

Использование отработанного шампиньонного субстрата в технологии выращивания съедобных грибов и овощных культур. В процессе работы грибоводческих предприятий образуется большое количество отходов – отработанного субстрата. Так, грибоводческий комплекс с объемом производства 10 тыс. т плодовых тел шампиньона в год производит около 40 тыс. т готового пастеризованного субстрата и 16 тыс. т отработанного. В России при производстве в год около 140 тыс. т грибов остается 225-230 тыс. т отработанного субстрата.

В практике мирового грибоводства известно несколько путей использования отработанного субстрата: в качестве покровного материала, органического, обогащенного белковым азотом удобрения в открытом грунте при выращивании широкого ассортимента зерновых и овощных культур, а также компонента почвогрунта в защищенном грунте и одного из составных частей субстрата для культивирования других видов дереворазрушающих грибов, например различных видов вешенки, которые в последнее время успешно дополнительно выращиваются на грибоводческих предприятиях, производящих шампиньоны.

В ряде работ известных ученых-грибоводов отмечена перспективная возможность применения отработанного субстрата после культуры шампиньона. Например, в Австралии отработанный субстрат использовался как добавка к торфу в размере 5% общей массы, что ускоряло наступление первой волны плодоношения шампиньона – в среднем на четыре-пять дней. В ряде экспериментов авторами изучалась также возможность применения отработанного субстрата в качестве покровного материала для выращивания шампиньона после его длительного хранения в штабелях на открытых площадках в течение одного, двух, пяти и восьми лет. Перед использованием в технологическом процессе выращивания шампиньона отработанный субстрат после периода хранения

подвергался термической обработке насыщенным паром низкого давления в помещениях типа «тоннель» в следующем режиме: температура воздуха $\pm 60^{\circ}\text{C}$ в течение 30 мин, что обеспечивало сохранение полезной микрофлоры среды. Результаты экспериментов показали, что отработанный субстрат однолетней выдержки был не готов к использованию в качестве покровного материала и давал очень низкий уровень урожайности – 4-6 кг/м². Отработанный субстрат после длительного срока хранения, применяемый в качестве покровного материала, показывал удовлетворительный уровень урожайности шампиньона – 14,6-19 кг/м² и существенно не отличался от контрольного варианта, в котором использовался покровный материал на основе торфа, – 16,6-18,2 кг/м².

В исследованиях отмечена также особенность применения отработанного субстрата, поскольку плодоношение шампиньона с применением данного покровного материала наступало значительно раньше, чем в покровном материале на основе торфа, что объяснялось наличием высокой численности бактерий, стимулирующих процесс плодообразования. Для повышения урожайности шампиньона в экспериментах к отработанному пастеризованному субстрату были добавлены органические материалы: шелуха риса и сфагновый мох, что позволило повысить урожайность на 3,5-4 кг/м², но и численность бактерий, вызывающих у плодовых тел шампиньона бурую пятнистость.

Аналогичные исследования были проведены также в Нидерландах, США и других странах. Подобная практическая цель была поставлена в исследованиях ВНИИО в связи с экономической привлекательностью возможности использования отработанного субстрата в качестве заменителя торфа или компонента покровного материала, существенно снижающего себестоимость покровного материала [108-111]. Анализ проведенных исследований и информационных материалов доказывает перспективность данного направления рециклинга отходов растениеводства [112-113]. Темпы и тенденции развития промышленного грибоводства подтверждают возрастающую потребность в исходном сырье, основа которого – растительные отходы.

3.8. Строительство

Перспективно использование отходов растениеводства в строительной промышленности. Из прессованной соломы изготавливают строительные блоки и др. (рис. 24). Для этих целей хорошо подходит солома ржи, льна или пшеницы, возможно также использование сена, камыша. По технологии солома прессуется пресс-подборщиками или вручную на специальных прессах. Спрессованный блок средних габаритных размеров 90×45×35 см перевязывается.



Рис. 24. Строительные материалы из растительных отходов (<https://semybalki.ru/wp-content/uploads/1/7/4/174409d7608b52d27ca96c751ee74d07.jpeg>, <https://rcycle.net/drevesina/soloma/solomobeton-proizvodstvo-svoimi-rukami?ysclid=liwuakk8pr370602829>)

Преимущества подобных блоков: низкие стоимость, материалоемкость и затраты труда, хорошая теплопроводность, доступность и долговечность. Блоки являются возобновляемым ресурсом, имеют высокие показатели экологичности. Большой недостаток – пожароопасность.

Перспективность данного направления рециклинга подтверждают результаты многочисленных исследований научных и производственных организаций. Примеры некоторых из них представлены в таблице 22 [114-121].

Все представленные разработки соответствуют по характеристикам требованиям к строительным материалам данной группы. Их производство позволяет расширить сырьевую базу для изготовления экологичных строительных материалов и снизить

нагрузку на окружающую среду; полученные результаты по прочности и качественным показателям подтверждают перспективность их применения, особенно в малоэтажном строительстве.

Таблица 22

**Перспективные технологии переработки
отходов растениеводства для строительства**

Название	Краткая характеристика
Тепло-изоляционные плиты	На 30-50% состоят из пшеничной соломы и рисовой лузги в теплоизоляционном составе на жидком стекле, что позволяет снизить коэффициент теплопроводности до 0,054-0,055 Вт/(м·К) при плотности 162,7-181,3 кг/м ³ . Прочность на сжатие при 10%-ной деформации – в пределах 0,044-0,048 МПа. Пшеничная солома повышает сорбционную влажность при относительной влажности воздуха 80-97%. Модифицированное жидкое стекло предупреждает появление плесени даже при сорбционной влажности материала 40% в условиях относительной влажности 90%. Отличаются абсолютной экологической чистотой и безопасностью для здоровья человека
Строительные изделия из легкого бетона на органическом заполнителе растительного происхождения	Состоят из гашеной извести, органического заполнителя растительного происхождения (отходы деревообработки, стебли хлопчатника и подсолнечника, рисовая солома, зерновая лузга, костра конопли и льна), воды, бетонной смеси, которые формируются, уплотняются, обрабатываются углекислым газом
Строительные плиты	Изготовлены по технологии ДСтП, имеют хороший баланс физико-механических показателей, однако плотность их в 1,5-1,6 раза выше, чем плит, изготовленных по технологии ДВП (мокрое формирование + сушка)
Композиционный материал	Состоит из гипсового связующего и рубленой соломы пшеницы в количестве от 4 до 15% масс. По физико-механическим свойствам может использоваться для производства строительных изделий с такими же характеристиками, как и гипсостружечные плиты, при этом технологический процесс изготовления предлагаемого материала проще и дешевле

Название	Краткая характеристика
Гипсокостробетон	Состоит из костры льна (22,5%), гипсовой связующей, бетона. Теплопроводность в естественном состоянии составляет от 0,56 до 0,4 Вт/м·К, предел прочности материала на восьмые сутки твердения – 3,8-5 МПа. Полученные данные по прочности и плотности демонстрируют положительный технический эффект от введения добавки. При увеличении содержания костры в составе композита от 20 до 25% плотность его снижается на 33,5% после 2 ч при других неизменных факторах
Способ получения строительных материалов из отходов риса	Твердый волокнистый остаток рисовой соломы, не прореагировавшей в результате щелочной обработки, направляют на переработку в качестве сырья для получения целлюлозных материалов. Из него получают синтетический дисперсный волластонит для использования в качестве пигмента, повысив его отражательную способность, белизну и устойчивость к ультрафиолетовому излучению
Полимерные композиты на основе молочной кислоты, лузги семян подсолнечника и монтмориллонита	Лузгу семян подсолнечника обрабатывали NaOH, а затем силаном. Предел прочности на разрыв увеличен до 45,8 МПа за счет добавления 15% мас. монтмориллонита. Стоимость полимерных нитей снизилась почти на 35%

3.9. Биоразлагаемая упаковка

В России, как и во всем мире, назрела проблема сокращения количества пластиковых отходов. Все больше появляется сторонников биоразлагаемой упаковки, государство разрабатывает специальные программы, различные организации проводят разъяснительные мероприятия, семинары, конференции и др. Пластиковая упаковка составляет 40% бытового мусора, поэтому возможность ее замены экологичной очень актуальна (рис. 25).



Рис. 25. Биоразлагаемая упаковка

В России ряд компаний реализуют данную идею, используя в технологиях производства в качестве сырья отходы растениеводства (табл. 23).

Несмотря на положительные характеристики и востребованность биоразлагаемой упаковки, существуют причины, сдерживающие ее широкое производство и внедрение. Прежде всего, законодательная и нормативная неопределенность, недостаточная поддержка государства, невысокая информированность населения о необходимости использования экологически чистых упаковочных материалов, отсутствие специализированных полигонов для правильной утилизации биопластиков.

Биоразлагаемая упаковка отличается также недостаточной надежностью (ломкость, чувствительность к влажности, худшие барьерные свойства) по сравнению с химическими полимерами, часто изготавливается из ценного пищевого сырья, характеризуется высокой стоимостью внедрения.

Таким образом, производство биоразлагаемой упаковки может способствовать решению экологической проблемы, связанной с загрязнением окружающей среды из-за увеличения объемов использованных упаковок пищевой продукции. Но не следует ориентироваться только на нее и забывать о возможностях применения традиционной многоразовой тары, например, стекла, и переработке уже произведенного пластика.

Технологии производства биоразлагаемой упаковки [8, 122-125]

Название	Краткая характеристика
Упаковка из соломы и растительных остатков от сахарного тростника (производственная фирма «Дар»)	Представлены все типовые аналоги посуды, подложки и лотки для готовых продуктов и полуфабрикатов. Достоинства продукции компании: отсутствие миграции токсичных веществ, возможность брендирования, снижение издержек потребителей на сбор по утилизации
Упаковка из древесных отходов и др. (компания «Ecovilka»)	Широкий ассортимент биоразлагаемой одноразовой упаковочной продукции
Упаковка из возобновляемого растительного сырья (компания IEA)	Разработка запатентована и используется исключительно для продукции IEA, не имеет аналогов. Способна разлагаться естественным путем, безопасна при разогреве в микроволновой печи, обладает высокой удерживающей способностью
Технология производства композиций, включающих смесь синтетических полимеров и биологических модифицирующих добавок	Природный компонент обеспечивает композиции эффект биоразложения, синтетический – требуемый комплекс эксплуатационных и потребительских свойств. В качестве наполнителя могут использоваться также растительные отходы: лузга зерновая (рисовая, гречневая, просяная) и подсолнечная какаофелла, мезга картофельная и кукурузная, жом свекловичный
Технология подготовки отходов для производства биополимеров	Включает в себя следующие технологические операции: сушка, удаление металломагнитных примесей, измельчение
Технология биоразлагаемой упаковки на основе полимолочной кислоты и крахмала	Молочная кислота производится из отходов кукурузы, сахарного тростника, риса и др. При выпуске полимеров применяется метод ферментации растительных углеводов. Готовый продукт отличается высокой жесткостью, прозрачностью, блеском, после смятия сохраняет форму на 50% выше по сравнению с традиционными пластмассами. При обработке можно применять традиционное экструзионное и выдувное оборудование. Упаковка из таких полимеров высокоэкологична, а энергозатраты на ее производство на 20-30% ниже по сравнению с производством синтетических пластиков

3.10. Народные промыслы

В свете массового развития агротуризма народные промыслы переживают второе рождение. Данный вид творческой деятельности с древних времен формирует отечественную культуру, обогащает ее традиции, а в настоящее время содействует сохранению национальной идентичности, развитию сельскохозяйственного производства, бережному отношению к природе. Например, из одного наиболее распространенного отхода растениеводства – соломы можно изготовить удивительные вещи, такие как соломенные плетеные бытовые изделия и предметы одежды, инкрустированные соломкой предметы, соломенные панно и др. (рис. 26) [126].



Рис. 26. Изделия из соломы
(<https://zhiznteatr.mirtesen.ru/blog/43341434674/Drevniy-narodniy-promysel-izdeliya-iz-solomki?ysclid=llcInjy3d7997593666>
<https://i.pining.com/originals/76/0b/91/760b91c0b73de546c9e3a89831d4f1d7.jpg>, <http://visitkirov.ru/uploads/images/promyslsy/pletenie-iz-solomy/01.jpg>)



Данное направление рециклинга является прикладным, однако востребовано и имеет перспективы дальнейшего развития.

Контрольные вопросы

- 1. Какие показатели могут влиять на влагопоглощающую способность соломы.*
- 2. Приведите примеры соломы и дайте характеристику.*
- 3. Какие виды подстилочных материалов Вы знаете.*
- 4. Какие методы обработки растительных отходов для производства топливных гранул Вы знаете.*
- 5. Опишите технологии и способы производства топливных брикетов.*

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По каждому направлению рециклинга имеются перспективные технологии и разработки. В кормопроизводстве – это гранулирование, снижающее содержание клетчатки в обработанной соломе на 12-16%; взрывной автогидролиз, уменьшающий содержание сырой клетчатки и увеличивающий кормовые единицы в продукте переработки по сравнению с исходным сырьем; выращивание гидропонной кормовой добавки с использованием глауконита, повышающей содержание протеина на 3-6%, а каротина – на 2,4%; экструдирование на линии AGRO-EX BIO (ООО НПП «А-Инжиниринг»), улучшающее усвояемость и повышающее питательность соломы в 2-2,5 раза; использование для переработки отходов на корм сельскохозяйственным животным специализированных насекомых – личинок мух черных львинок и червей. При переработке отходов растениеводства в удобрение эффективны различные биодеструкторы, такие как Гумификатор – Ризобакт СП, Уникальный гумус+, Баркон, Байкал ЭМ 1, а также компостирование на специальном оборудовании (разработка ФГБНУ ФНЦ ВИМ) и др.

Очевидна актуальность рециклинга отходов растениеводства в сорбенты для устранения различных загрязнений, их эффективность по приведенным экспериментальным данным соответствует эталонным показателям активируемого угля и промышленных сорбентов на основе торфа.

Результаты исследований подтвердили перспективность переработки отходов растениеводства для биоэнергетики. В сфере производства твердого топлива компания НПК «АТЕК» (Москва) выпускает линии малой производительности для изготовления брикетов из соломы, лузги подсолнечника, гречихи и др., компания «Жаско» (г. Волгоград) предлагает технологическое оборудование для переработки в топливные брикеты отходов растениеводства, а завод ООО «Пеллет Парк» – линии производства пеллет на сухом сырье. Разработана и апробирована технология производства топливных брикетов из соломы в процессе уборки зерновых.

Имеется также ряд перспективных технологий и оборудования для получения бионефти и биоугля. Например, уникальная

установка получения бионефти из растительных отходов ООО «ОНХ-Холдинг» в г. Нижнекамске; установка для производства жидкого и газообразного топлива из соломы, лузги подсолнечника, гречневой шелухи, опилок и технология каталитической деполимеризации биомассы растительного происхождения для получения жидкого субстрата, который можно перерабатывать в моторное топливо (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ). Разработкой технологий и оборудования для конверсии отходов растениеводства в топливо занимается компания «ТУ БИО». Ею созданы промышленные технологии переработки отходов в бионефть и биоуголь, выпускаются древесно-угольные брикеты «Mr. Griller». Перспективная технология получения биоугля имеется у ИНХС РАН совместно с компанией «Карбонсинтез», реализуется она на установке гидротермальной карбонизации биомассы.

Еще один востребованный вид биотоплива, который можно получить из растительных отходов, – биоэтанол. Здесь практический интерес представляет технология НПК «Экология» (Москва), согласно которой спиртовое брожение растительной массы осуществляется в условиях вакуума с одновременной отгонкой выделяющихся во время брожения спиртовых паров. Технология позволяет снизить себестоимость биоэтанола и стоимость технологического оборудования для его производства до 40%.

Специалисты ФГБОУ ВО Мордовского ГУ им. Н.П. Огарева (г. Саранск) разработали технологию получения биоэтанола из наноструктурированного растительного сырья. При данном технологическом решении, кроме снижения затрат на электроэнергию и природный газ, увеличивается выход спирта (в среднем до 1%), сокращается время брожения (в среднем на 6-9 ч), исключается оборудование подготовительных стадий, а, следовательно, уменьшаются затраты на него. В ИПХЭТ СО РАН на стадиях ферментативного гидролиза и спиртового брожения модернизируется технология получения биоэтанола из шелухи овса с целью повышения эффективности процесса и его применимости для промышленного производства.

Имеет практические перспективы разработка Института химии твердого тела и механохимии СО РАН – дешевое биотопливо из соломы, сопоставимое по выделению энергии с бурным углем.

Отходы растениеводства могут служить источниками получения

биогаза. В ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева модернизирована технология использования тепловой энергии, выделяемой в процессе компостирования органических отходов. В этой области компания ООО «ГРИНТЕК» (Москва) предлагает технологию и линию эффективных типовых установок БЭУ различной производительности, предназначенных для переработки отходов сельскохозяйственного производства и пищевой промышленности. Высокое качество вырабатываемого биогаза, не требующее дополнительного обогащения и очистки, – содержание метана более 80%, а сернистые примеси не превышают 0,5-0,7% обеспечивается применением технологии, реализуемой с помощью биокомплексов ЭВОБИОС. Очень значимо то, что все комплектующие производятся в России.

Отходы растениеводства очень востребованы. В промышленном грибоводстве они являются основой субстратов. ВНИИО разработана и внедрена технология стерильного производства субстрата для культивирования вешенки на основе костры льна, шелухи семян подсолнечника, соломы злаковых культур, а также шиитаке на основе березовых и дубовых опилок (на базе ООО «Апрель», Тульская область).

В строительной отрасли из пшеничной соломы и рисовой лузги производят теплоизоляционные плиты; на органическом наполнителе растительного происхождения – изделия из легкого бетона; композиционные материалы; гипсокостробетон.

Из отходов растениеводства можно производить также биоразлагаемую упаковку, обеспечивая двойную защиту окружающей среды: например, упаковка из соломы и растительных остатков от сахарного тростника (производственная фирма «Дар»), из древесных отходов (компания «Ecovilka»), из возобновляемого растительного сырья (компания «IEA»), а также упаковка на основе полимолочной кислоты и крахмала.

Сокращение отходов растениеводства в Российской Федерации по большинству изученных направлений, особенно биоэнергетике, требует инвестиций во внедрение и усовершенствование технологий производства, транспортно-логистической инфраструктуры и др. Но пока у генераторов органических отходов недостаточно экономических стимулов к внедрению технологий рециклинга, ограничены инфраструктурные возможности по их сбору и

переработке. Реализация мер по эффективному обращению с отходами требует изменения отношения как со стороны производителей, так и представителей власти. Необходимо сформировать принципиально иную культуру отношения к отходам, выработать новые нормы и правила ведения бизнеса.

В России уже активно формируются и реализуются новые принципы управления отходами, включающие в себя приоритет переработки над сжиганием и размещением отходов на полигонах; постепенный запрет размещения на полигонах определенных видов отходов, содержащих полезные компоненты; расширенную ответственность производителей и утилизационный сбор, предназначенный для создания инфраструктуры для переработки; новую структуру региональных операторов и многокомпонентные территориальные схемы в области рационального обращения с отходами. Внедрение представленных в обзоре технологий рециклинга полностью соответствует указанным эффективным принципам управления отходами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федотова О.В., Демичева Т.С. Загрязнение земель твердыми коммунальными (бытовыми) отходами как проблема XXI века // Вестн. Белгородского юр. ин-та МВД России имени И.Д. Путилина. – 2019. – № 2. – С. 10-14.

2. Павленков М.Н., Воронин П.М. Проблемы развития сферы твердых коммунальных отходов муниципального образования // Вестн. Кемеровского гос. ун-та. Сер.: Политические, социологические и экономические науки. – 2018. – № 3. – С. 130-139.

3. Рециклинг или переработка [Электронный ресурс]. – URL: https://plus-one.ru/sustainability/recikling-ili-pererabotka?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=ru_srch_articles&utm_content=campaign_73910413|adgroup_4899500784|ad_12080383827|ph_38509731667|key_%D1%80%D0%B5%D1%86%D0%B8%D0%BA%D0%BB%D0%B8%D0%BD%D0%B3|dev_desktop|pst_other_1|rgnid_98604_%D0%9F%D1%83%D1%88%D0%BA%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D1%80%D0%B0%D0%B9%D0%BE%D0%BD|placement_none&_openstat=ZGlyZWN0LnhhbmRlc5ydTs3MzIxMDQxMzIxMjA4MDM4MzgyNzt5YW5kZGxucnU6Z3VhcmFudGVl&yclid=14182941182113349631 (дата обращения: 10.05.2023).

4. Федеральный закон № 89 «Об отходах производства и потребления» от 24 июня 1998 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19109/?ysclid=lhh19inc9h726292591 (дата обращения: 10.05.2023).

5. Федеральный закон № 7 «Об охране окружающей среды» от 10 января 2002 г. [Электронный ресурс]. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/?ysclid=lhh1dbgx70336120076 (дата обращения: 10.05.2023).

6. Паспорт отраслевой программы «Применение вторичных ресурсов и вторичного сырья из отходов в сфере сельского хозяйства на 2022-2030 годы» [Электронный ресурс]. – URL: <https://mex.gov.ru/upload/iblock/e07/f6vjyuoqjpdx2u4g1p7rw9etw4ryainz.pdf?ysclid=ll66p46y7a911845287> (дата обращения: 10.05.2023).

7. Федеральный классификационный каталог отходов. Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 № 242 (с изменениями 29.03.2021 №

149) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.fkko.ru>, <http://kod-fkko.ru/kod-11100000000-othody-rasteniievodstva/> (дата обращения: 10.05.2023).

8. **Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В.** Рециклинг отходов в АПК: справ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с.

9. **Федоренко В.Ф., Буклагин Д.С., Зазуля А.Н., Голубев И.Г.** и др. Инновационные технологии производства биотоплива второго поколения: науч. изд. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 68 с.

10. **Мойсеяк М.Б., Карпенко Д.В., Никифорова Д.С., Саватеев Е.В., Кириш И.А., Суворов О.А., Маслова И.Н., Воронина О.В.** «Пищевые отходы: проведение исследования в целях определения объемов образования отходов по видам пищевой продукции с истекающими сроками годности и пищевых отходов. Известные технологии утилизации пищевых отходов, сферы их применения, а также оценка эффективности данных технологий и решений по их использованию: аналит. отчет. – М.: ФГБОУ ВО «Росбиотех», 2023. – 320 с.

11. **Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М., Купреенко О.А., Ялоза А.Г.** Сушилка аэродинамического нагрева модульного типа // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск. – 2022. – С. 218-222.

12. **Михайличенко С.М.** Сравнительный анализ хронометражных замеров и моделирования работы мобильного кормоцефа // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск. – 2019. – С. 315-321.

13. **Михайличенко С.М.** Моделирование эксплуатационных показателей мобильных кормоцефов // Вестник ВНИИМЖ. 2017. № 3(27). – С. 27-32.

14. **Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М.** Повышение эффективности использования автоматических систем кормления КРС на примере КФХ «Лопотов А.Н.» // Вестник ВНИИМЖ. – 2018. – № 2(30). – С. 138-142.

15. **Купреенко А.И., Исаев Х.М., Михайличенко С.М.** Автономные системы вождения в сельском хозяйстве // Инновации и технологический прорыв в АПК: сборник научных трудов международной научно-

практической конференции. Брянск. – 2020. – С. 249-254.

16. **Купреенко А.И., Исаев С.Х., Михайличенко С.М.** Выбор режима работы автоматического кормовагона типа DeLaval RA135 // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения: сборник научных работ. Брянск. – 2018. – С. 10-17.

17. **Патент Российская Федерация № 210275 U1, МПК A01C 7/12 /** Устройство для высева семян. В.И. Пляка, С.М. Каткова (РФ). – Патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (RU). - №2021132823, заявлено 11.11.2021; опубл. 05.04.2022. Бюл. № 10.

18. **Патент Российская Федерация № 184697 U1 /** Измельчитель стеблевой массы. Алдошин Н.В., Золотов А.А., Пляка В.И., Панов А.И., Манохина А.А., Лылин Н.А. Патент на полезную модель, 06.11.2018. Заявка № 2018121317 от 08.06.2018.

19. **Старовойтов В.И., Старовойтова О.А., Манохина А.А.** Топинамбур как кормовой ресурс // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2014. – № 3 (63). – С. 24-26.

20. **Патент Российская Федерация №169877, МПК A01D34/13, A01D34/18 /** Режущий аппарат косилок и жаток. Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, Н.А. Лылин, В.И. Пляка, А.А. Манохина. Опубл. 04.04.2017. Бюл. № 10.

21. **Старовойтова О.А., Манохина А.А., Старовойтов В.И., Зуев В.В., Воронов Н.В.** Механизация уборки и хранения клубнеплодов. – Москва, 2018. –102 с.

22. **Патент Российская Федерация № 223614 U1, МПК A01D 34/63.** Механическая косилка / Механическая косилка. В.И. Пляка, С.П. Казанцев, С.М. Михайличенко, О.М. Мельников, А.К. Глотов (РФ). – Патентообладатель: ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени К.А. Тимирязева (RU). - №2023130406, заявлено 22.11.2023; опубл. 26.02.2024. Бюл. № 6.

23. **Неменуцкая Л.А.** Перспективные направления технологического оснащения производства комбикормов // Техника и оборуд. для села. – 2021. – № 5 (287). – С. 25-29.

24. Солома как кормовое сырье [Электронный ресурс]. – URL: <https://agrovesti.net/lib/tech/feeding-tech/soloma-kak-kormovoe-syr-e.html?ysclid=lfgiutunfz674347139> (дата обращения: 15.03.2023).

25. **Бояринцева А.В., Калюта Е.В., Афаньков А.Н., Коньшин В.В.**

Биотехнология в сельскохозяйственном производстве // Биотехнология: состояние и перспективы развития: матер. Междунар. конгресса (20-22 февраля 2017 г., Москва, Гостиный Двор). – М.: ООО «РЭД ГРУПП», 2017. – С. 122.

26. **Миронова И.В., Нигматьянов А.А., Долженкова Г.М., Фаткуллина Л.М.** Способ выращивания гидропонной добавки с использованием глауконита // Там же. – С. 148.

27. **Богданович А.А., Конопелько Л.А., Болтовский В.С.** Определение компонентного состава соломы зерновых и масличных культур, районированных в Республике Беларусь, и перспективные направления ее переработки // Тр. БГУ. – 2017. – № 2. – С. 37-41.

28. **Патент № 2667161 С1 Российская Федерация, МПК А23К 40/25(2016.01) А23К 10/12(2016.01) А23N 17/00(2006.01).** Способ изготовления кормов путем экструзии биологических и сельскохозяйственных отходов, линия производства для реализации способа и корм, получаемый указанным способом: № 2017111052: заявл. 03.04.2017: опубл. 17.09.2018 / Зыков В.В., Куценогий П.К., Лалетина С.В., Цветкова И.В. – 14 с.

29. **Нуретдинова Э.И., Шурбина М.Ю., Валеева Р.Т., Ананьева О.В.** Биотехнологическая переработка растительных отходов агропромышленного комплекса как основа экологической безопасности // Актуальная биотехнология. – 2018. – № 3 (26). – С. 534.

30. Биопрепараты для силосования [Электронный ресурс]. – URL: <https://biopreparaty.ru/> (дата обращения: 15.03.2023).

31. **Красильников О.Ю., Маринченко Т.Е.** Ресурсосберегающая технология производства монокорма // Технич. обеспеч. технологий пр-ва с.-х. продукции: сб. стат. по матер. II Всерос. (национ.) науч.-практ. конф. / под общ. ред. С.Ф. Сухановой. – 2018. – С. 70-73.

32. **Киреева В.В., Кубченко Д.Е.** Разработка экологически безопасного малоотходного способа переработки твердых и жидких отходов растительного сырья // Тр. Ростовского гос. ун-та путей сообщения. – 2021. – № 1 (54). – С. 19-22.

33. **Ващекина С.К.** Отходы АПК как сырье для культивирования микроорганизмов // Науч. журн. молодых ученых. – 2020. – № 2 (19). – С. 27-34.

34. **Мадзу О.Б., Борисенко Е.Г., Сидоренко О.Д.** Дрожжи рода *Pichia* как инструмент биоконверсии растительного сырья // Успехи современной науки. 2017. – Т. 6. – № 3. – С. 75-79.

-
35. **Амантаев М.А., Золотухин Е.А., Газизов А.А., Борзенков А.П.** Разработка малогабаритной линии переработки соломы для приготовления гранулированного корма // 3i: Intellect, Idea, Innovation – интеллект, идея, инновация. – 2022. – № 3. – С. 71-79.
36. **Лазаревич А.Н., Леснов А.П.** Солома в рационах сельскохозяйственных животных: реком.; ФГБНУ Красноярский НИИЖ. – Красноярск, 2016. – 90 с.
37. Пензенский завод переработал 6,5 тыс. т пищевых отходов с помощью личинок мухи [Электронный ресурс]. – URL: <https://tass.ru/obschestvo/11938521> (дата обращения: 27.03.2023).
38. Привес свиней увеличен содержанием на соломе [Электронный ресурс]. – URL: <https://agro.marimmmz.ru/prives-sviney-uvelichen-soderzaniem-na-solome-2020?ysclid=lfgif8x41a434413862> (дата обращения: 15.03.2023).
39. **Ярошко М.** Роль подстилки в содержании крупного рогатого скота [Электронный ресурс]. – URL: <https://dairyglobalexperts.com/ru/posts/rol-podstilki-v-soderzanii-krupnogo-rogatogo-skota> (дата обращения: 15.03.2023).
40. Секрет качественного молока, правильная подстилка для дойных коров [Электронный ресурс]. – URL: <https://svoefermerstvo.ru/svoemedia/articles/sekret-kachestvennogo-moloka-pravil-naja-podstilka-dlja-dojnyh-korov?ysclid=lfgioqtcep532656352> (дата обращения: 15.03.2023).
41. **Манохина А.А.** Разработка технологического процесса посадки картофеля с применением гранулированных органических удобрений (биоконтейнеров). Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Московский государственный агроинженерный университет. Москва, 2012. – 131 с.
42. **Манохина А.А.** Разработка технологического процесса посадки картофеля с применением гранулированных органических удобрений (биоконтейнеров). Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Моск. гос. агроинженер. ун-т. Москва, 2012. – 19 с.
43. **Смелик В.А., Цыганова Н.А., Теплинский И.З.** Внесение минеральных удобрений в точном земледелии // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2012. – № 3. – С. 38-40.
44. **Милюткин В.А., Шахов В.А., Асманкин Е.М., Ушаков Ю.А., Комарова Н.К., Смелик В.А.** Исследования инновационных технологий, техники и жидких минеральных удобрений на основе карбамидно-

аммиачной смеси при возделывании сельхозкультур // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2022. – № 4(96). – С. 104-111.

45. Биопрепараты для биодеструкции [Электронный ресурс]. – URL: <https://biopreparaty.ru/unikalnyj-gumus/> (дата обращения: 15.03.2023).

46. Биопрепараты [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.spb-bio.ru/catalogue.12.html>, <https://www.list-org.com/company/3752157?ysclid=lfccsmgqma404899758> (дата обращения: 15.03.2023).

47. Управление и экономика: исследования и разработки: моногр. / под общ. ред. К.Б. Герасимова. – Пенза: ПГАУ, 2022. – С. 214-240.

48. **Черепухина И.В., Безлер Н.В.** Биологическая активность почвы при использовании для разложения соломы // Перспективы использования инновационных форм удобрений, средств защиты и регуляторов роста растений в агротехнологиях сельскохозяйственных культур: матер. докл. участников 10-й науч.-практ. конф. «Анапа-2018» / под ред. акад. РАН В.Г. Сычева. – М.: ООО «Плодородие», 2018. – С. 227-229.

49. **Русакова И.В.** Влияние микробных препаратов и минерального азота на разложение соломы // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исслед. – 2016. – № 3. – С. 107-111.

50. **Мальцев М.И., Калюта Е.В., Маркин В.И., Катраков И.Б.** Применение химически модифицированного растительного сырья в качестве структурообразователей почвы // Химия растительного сырья. – 2023. – № 5. – С. 555-582.

51. Прилипатель из модифицированных цветковых пленок овса [Электронный ресурс]. – URL: <https://mcx.gov.ru/press-service/novosti-agrarnoy-nauki-i-obrazovaniya/altayskie-uchenye-zapatentovali-sposob-povysheniya-urozhaynosti-yarovoy-pshenitsy/> (дата обращения: 15.03.2023).

52. **Галимов А.Х., Алимов В.С.** Устройство для приготовления жидкого удобрения из растительного сырья и внесения его с поливной водой // Агроном. – 2015. – № 10. – С. 49-51.

53. **Мхитарян Г., Реднер М.** Современные технологии и оборудование для переработки птичьего помета // Птицеводство. – 2014. – № 1. – С. 46-49.

54. **Manukovsky N.S., Kovalev V.S., Rygalov V.Y., Zolotukhin I.G.** Waste bioregeneration in life support CES: development of soil organic substrate // Adv. Space Res. – 1997. – V. 10. – P. 1827-1832.

55. Рециклинг: что это такое, какие методы используются, виды

вторичного сырья, отличие от переработки и утилизации отходов [Электронный ресурс]. – URL: <https://cleanbin.ru/terms/recycling?ysclid=la0r0a9zc0233136134> (дата обращения: 30.09.2022).

56. **Алдошин Н.В., Мехедов М.А., Пляка В.И., Гаспарян И.Н.** Механизация растениеводства (термины и определения): учебное пособие. – М.: ООО «Сам Полиграфист», 2021. – 260 с.

57. **Мирзаев Б.С., Балабанов В.И., Манохина А.А., Худаев И.Ж., Ахилбеков М.Н.** Механизация, автоматизация и цифровизация растениеводства (термины и определения). Саратов, 2023. – 248 с.

58. Современная агроинженерия. Трухачев В.И., Дидманидзе О.Н., Ерохин М.Н., Алдошин Н.В., Апатенко А.С., Асадов Д.Г., Балабанов В.И., Богданов В.С., Бурак П.И., Гайдар С.М., Гаспарян И.Н., Голубев И.Г., Девянин С.Н., Журавлева Л.А., Загарин Д.А., Иванов С.А., Игнаткин И.Ю., Казанцев С.П., Кравченко И.Н., Левшин А.Г. и др. Москва, 2022. – 413 с.

59. **Алдошин Н.В., Дидманидзе Р.Н.** Управление процессами кормопроизводства с неопределенным временем выполнения работ // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 1. – С. 65.

60. **Косенкова С.В., Уланова И.А., Васильев А.К., Чурсина М.Е., Нагайцева Ю.М.** Рециклинг: методология перевода отходов производства в продукт (сырьё) // Интернет-журн. «Отходы и ресурсы». – 2020. – № 1 [Электронный ресурс]. – URL: <https://resources.today/PDF/13ECOR120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI:10.15862/13ECOR120 (дата обращения: 30.09.2022).

61. **Майорова Е.И., Булавка Ю.А., Якубовский С.Ф.** Модификация нефтяных сорбентов из растительного сырья // Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. – 2018. – № 1 (9). – С. 275-277.

62. **Темирханов Б.А., Султыгова З.Х., Ужахова Л.Я.** Синтез сорбентов из отходов растительного сырья с целью очистки сточных вод от нефти // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. – 2015. – № 7-1. – С. 77-81.

63. **Мьинт С.В., Сое Н.Л., Мое З., Тху М., Тху М.М., Нистратов А.В., Клушин В.Н.** Термический рециклинг растительных отходов Мьянмы с получением углеродных адсорбентов // Башкирский химический журн. – 2020. – Т. 27. – № 1. – С. 61-67.

64. **Убайдуллаева Н.Н., Салиханова Д.С., Дехконов Р.С.** Исследование угольного адсорбента композиции на основе местного

растительного сырья для очистки сточных вод // Universum: технические науки: электрон. науч. журн. 2022. – 7 (100) [Электронный ресурс]. – URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14070> (дата обращения: 30.09.2022).

65. **Пирузян А.В., Боковикова Т.Н., Найденов Ю.В.** Перспективный сорбент на основе отходов растительного сырья для очистки жиродержащих сточных вод // Современные проблемы науки и образования. – 2008. – № 10 [Электронный ресурс]. – URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=3859> (дата обращения: 03.11.2022).

66. **Патент № 2644895 С2 Российская Федерация, МПК С10В 47/42(2006.01), С10В 47/44(2006.01), С10В 53/00(2006.01), F23G 5/027(2006.01).** Способ переработки углеродсодержащих отходов растительного происхождения: № 2016130700: заявл. 27.07.2016: опубл. 14.02.2018/ Сульман Э.М., Луговой Ю.В., Чалов К.В., Тихонов Б.Б., Косивцов Ю.Ю., Молчанов В.П.; заявитель ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет».

67. **Краснобаева В.А., Ковехова А.В., Земнухова Л.А.** Получение и свойства сорбентов из плодовых оболочек подсолнечника // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой пром-ти: матер. IX Всероссийской науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. участием. – 2016. – С. 231-232.

68. **Сафаралиев Д.Г., Садомцева О.С., Фидурова С.Н.** Получение и изучение нефтесорбентов из растительных материалов // Фундаментальные и прикладные проблемы получения новых материалов: исследования, инновации и технологии: матер. XVI Междунар. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Л.А. Джигола. – Астрахань, 2022. – С. 163-166.

69. **Валиуллина А.И., Валеева А.Р., Забелкин С.А., Грачев А.Н., Бикбулатова А.М., Хазиахмедова Р.М.** Переработка отходов скорлупы фундука методом быстрого абляционного пиролиза // Системы. Методы. Технологии. – 2022. – № 3 (55). – С. 111-115.

70. **Кархова С.А.** (2022). Оценка тенденций мирового рынка древесных пеллет и перспективы Российской Федерации на данном рынке // Baikal Research Journal. – 13(3). – 23 [Электронный ресурс]. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-tendentsiy-mirovogo-rynka-drevesnyh-pellet-i-perspektivy-rossiyskoy-federatsii-na-dannom-rynke> (дата обращения: 03.11.2022).

71. **Андреев Т.И., Киселёва С.В., Рафикова Ю.Ю., Трофимова И.Л.** Энергетический потенциал отходов растениеводства для теплоснабжения жилого сектора // СОК. – 2022. – № 8. – С. 68-73 [Электронный ресурс]. –

URL: <https://www.c-o-k.ru/articles/energeticheskiy-potencial-othodov-rasteniyevodstva-dlya-teplosnabzheniya-zhilogo-sektora?ysclid=lfthj10ddx649105151> (дата обращения: 29.03.2023).

72. **Аким Э.Л.** Твердое биотопливо и низкоуглеродная экономика – в России и мире: матер. Междунар. конгресса «Биотопливо» (12-13 апреля 2023 г.). – Москва-Санкт-Петербург, – 12 с.

73. Оборудование для брикетирования [Электронный ресурс]. – URL: <https://jasko.ru/product/oborudovanie-dlya-briketirovaniya/linii-briketirovaniya/les/> (дата обращения: 29.03.2023).

74. Линии производства пеллет на сухом сырье предлагает завод ООО «Пеллет Парк» г. Новосибирск [Электронный ресурс]. – URL: [https:// pellet-park.ru/novosibirsk/contacts/](https://pellet-park.ru/novosibirsk/contacts/) (дата обращения: 29.03.2023).

75. **Дашковский И.** Дырявая экология. Сельское хозяйство производит 250 млн. т отходов в год // Агротехника и технологии. – 2018. – № 2. – С. 12-18.

76. **Иванов Ю.Г., Понизовкин Д.А.** Энергосберегающая система принудительной вентиляции коровника для летнего периода времени // Труды международной научно-технической конференции Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. 2014. Т. 3. С. 104-105.

77. **Кузнецова Н.А., Зинич Л.В.** Вторичная переработка отходов как фактор устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий // Фундаментальные исследования. – 2021. – № 11. – С. 120-124 [Электронный ресурс]. – URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=43132> (дата обращения: 29.03.2023).

78. Препарат из пленок овса [Электронный ресурс]. – URL: https://yandex.ru/patents/doc/RU2751117C1_20210708?ysclid=lftmp0kk82684533547 (дата обращения: 29.03.2023).

79. **Звягинцева А.В., Клестер С.В., Шалимов Ю.Н.** Развитие энергосберегающих технологий с завершенным циклом переработки отходов производства – системы газогенерации получения энергии из биотоплива // Современные тенденции в науке, технике, образовании: сб. науч. тр. по матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. Междунар. науч.-информ. центр «Наукофера». – 2018. – С. 98-100.

80. **Гребенкина А.Ю.** Анализ технологий твердого биотоплива из растительного сырья // Тенденции развития науки и образования. – 2019. – № 49-11. – С. 27-29.

81. **Болдын Д.Б.** Переработка отходов яблоневого сада // Большая студенческая конференция: сб. статей II Междунар. науч.-практ. конф. – Пенза, 2022. – С. 37-40.

82. **Опара М.В., Азарова Н.А.** Использование отходов природопользования в вопросе зеленой экономики регионов // Современные машины, оборудование и IT-решения лесопромышленного комплекса: теория и практика: матер. Всерос. науч.-практ. конф. – Воронеж, 2021. – С. 270-273.

83. **Бурдуков А.П., Ломовский О.И., Бычков А.Л., Чернецкий М.Ю., Чернова Г.В.** Эффективное использование соломы зерновых культур в качестве сырья для комплексной переработки в биотопливо // Журн. Сибирского федерального ун-та. Сер.: Техника и технологии. – 2018. – Т. 11. – № 2. – С. 229-241.

84. **Сысоев Д.П., Долгов М.С.** К вопросу переработки соломы в топливные брикеты // Инновационные технологии отечественной селекции и семеноводства: сб. тез. по матер. II науч.-практ. конф. молодых ученых Всерос. форума по селекции и семеноводству. – 2018. – С. 160-162.

85. **Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Неменушая Л.А., Парфентьева А.И.** Комплексный подход к утилизации и рециклингу отходов // Техника и оборуд. для села. – 2015. – № 1. – С. 30-33.

86. **Аблаев А.Р.** Что нового на рынке биоэтанола? // Биомасса: топливо и энергия – 2023: матер. Междунар. конгресса (12-13 апреля 2023). – М.: Российская Биотопливная Ассоциация, 2023. – 11 с.

87. Технологии НПК экология [Электронный ресурс]. – URL: <http://nrk-ekologia.ru/o-kompanii/nrk-ekologiya> (дата обращения: 29.03.2023).

88. **Жукова Ю.А., Мезенова О.Я.** Технология получения биоэтанола из пшеничной соломы // Вестн. междунар. акад. холода. Холод. Техника и технологии. – 2011. – № 4. – С. 21-23.

89. **Просвириков Д.Б., Тунцев Д.В., Зиганшин Б.Г.** Технология и оборудование переработки активированных сельскохозяйственных растительных отходов в биоэтанол // Вестн. Казанского ГАУ. – 2021. – Т. 16. – № 4 (64). – С. 59-67.

90. **Миронова Г.Ф.** Повышение эффективности процесса получения биоэтанола из шелухи овса: дис. канд. техн. наук, спец. 03.01.06 – Биотехнология (в том числе бионанотехнологии). – М., 2020. – 119 с.

91. Биотопливо из соломы [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.1tv.ru/shows/dobroe-utro/nepoznanoe/biotoplivo-iz-solomy?ysclid=lgxp44jzdy708569174> <https://sibkray.ru/news/1/878634/?ysclid=lgystycy7t158756543>

(дата обращения: 29.03.2023).

92. **Осмонов О.М., Бабичева Е.Л., Насирдинова С.М.** Использование тепловой энергии отходов растениеводства // Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства: сб. науч. тр. Междунар. науч.-техн. семинара, посвящ. 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева (Москва, 22-23 мая 2018 г.). – М.: Перо, 2018. – С. 225-230.

93. Отходы сельского хозяйства – ценный ресурс [Электронный ресурс]. – URL: <https://agroportal-ziz.ru/articles/othody-selskogo-hozyaystva-ne-problema-cennyyu-resurs?ysclid=lfikgd1rw669070061> (дата обращения: 29.03.2023).

94. **Хаджиев А.А., Баканиев А.Р.** Использование растительных отходов в качестве топлива для котельных тепличных комбинатов Чеченской Республики // Студент года 2020: сб. ст. Междунар. учебно-исследов. конкурса. – Петрозаводск, 2020. – С. 213-224.

95. **Namsaraev Z.B., Gotovtsev P.M., Komova A.V., Vasilov R.G.** Current status and potential of bioenergy in the Russian Federation // Renew. Sustain. Energ. Rev. – 2018. – V. 81. – P. 625-634.

96. **Земсков В.И., Александров И.Ю.** Проектирование технических систем производства биогаза в животноводстве: Учебное пособие. – СПб.: Лань, 2017. – 312 с.

97. **Цветков М.В., Подлесный Д.Н., Зайченко А.Ю., Салганская М.В., Цветкова Ю.Ю., Фрейман В.М., Салганский Е.А.** Плавкость золы отходов растениеводства в условиях высокотемпературной переработки // Журн. прикладной химии. – 2021. – Т. 94. – № 3. – С. 371-379.

98. **Рустамов Н.А., Зайцев С.И., Чернова Н.И.** Биомасса – источник энергии // Энергия. – 2005. – № 6. – С. 6-9.

99. Пеллеты, топливные брикеты [Электронный ресурс]. – URL: <https://recycle.net/drevesina/soloma/pellety-i-toplivnye-brikety> (дата обращения: 29.03.2023).

100. **Сидельников В.А.** Процесс газификации в технологии совместной переработки отходов агропромышленного комплекса и нефтяных остатков в химическую продукцию / В.А. Сидельников, М.Ю. Нисковская // Науч. обозрение. Педагогические науки. – 2019. – № 3. – С. 91-94.

101. Патент № 2593724 Российская Федерация, МПК C12P 7/06(2006.01) C12P 7/10(2006.01). Способ получения биоэтанола из целлюлозосодержащего сырья: № 2015125195/10; заявл. 25.06.2015; опубл.

10.08.2016 / Скиба Е.А., Байбакова О.В., Будаева В.В., Сакович Г.В.; заявитель ФГБУН Институт химико-энергетических технологий Сибирского отделения РАН (ИПХЭТ СО РАН). – 8 с.

102. **Девочкина Н.Л., Нурметов Р.Д., Долгих Л.И.** Промышленное культивирование – основа для развития грибоводства в России // Теплицы России. – 2012. – № 3. – С. 39-43.

103. **Нурметов Р.Д., Девочкина Н.Л.** Выращивание шампиньона и вешенки. – М.: Россельхозакадемия, 2010. – 67 с.

104. **Девочкина Н.Л., Алексеева К.Л., Нурметов Р.Д.** Инновационная технология трехфазного приготовления субстрата для культивирования шампиньона // Теплицы России. – 2016. – № 3. – С. 70-74.

105. **Алексеева К.Л.** Научные основы культивирования и защиты съедобных грибов от вредителей и болезней: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / 06.01.06, 06.01.11. – М., 2002. – 46 с.

106. **Сычев П.А.** Грибы и грибоводство. – М.: АСТ, Донецк «Старкер», 2003. – 511 с.

107. **Алексеева К.Л., Чурикова В.В.** Применение эпина для стимуляции роста съедобного гриба вешенки обыкновенной // Докл. РАСХН. – 2004. – № 5. – С. 18-19.

108. **Девочкина Н.Л., Нурметов Р.Д., Разин О.А.** Технология выращивания вешенки в условиях замкнутого цикла производства // Овощи России. – 2017. – № 5. – С. 66-68.

109. **Девочкина Н.Л., Дугуниева Л.Г., Разин А.Ф., Иванова М.И., Нурметов Р.Д.** Инвестиционная привлекательность промышленного грибоводства // Экономика сел. хоз-ва России. – 2018. – № 11. – С. 52-59.

110. **Девочкина Н.Л., Алексеева К.Л., Нурметов Р.Д.** Промышленное культивирование съедобных грибов как элемент замкнутых технологических процессов в сельскохозяйственном производстве // Теплицы России. – 2017. – № 3. – С. 47-50.

111. **Девочкина Н.Л.** Агротехнологическое обоснование промышленного культивирования шампиньона двуспорового: дис. д-ра с.-х. наук / 06.01.06. – Овощеводство. – М., 2004. – 360 с.

112. **Мишуров Н.П., Неменушая Л.А., Манохина А.А., Осмоловский П.Д., Девочкина Н.Л., Дегуниева Л.Г.** Перспективные экологически безопасные технологии рециклинга растительного сырья. Аналитический обзор / Правдинский, 2023. – 88 с.

113. **Неменушая Л.А., Манохина А.А.** Экологические технологии рециклинга растительного сырья // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 8 (314). – С. 30-35.

114. **Сусоева И.В., Вахнина Т.Н.** Неиспользуемые растительные отходы и теплоизоляционные композиционные плиты на их основе // Изв. высш. учеб. заведений. Строительство. – 2019. – № 7 (727). – С. 49-59. DOI 10.32683/0536-1052-2019-727-7-49-59.

115. **Сидельников Р.В., Мишина А.Д., Пивинский А.Э.** Использование отходов растительного сырья для производства полимерных композитов // Образование. Наука. Производство: XIII Междунар. молодежный форум (г. Белгород, 8-9 октября 2021 г.). – Белгород: Белгородский ГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 1512-1514.

116. **Бакатович А.А., Чжан И., Гаспар Ф.** Изоляционные композиты на основе смеси рисовой лузги и соломы // Вестн. Полоцкого гос. ун-та. Сер. Ф. Строительство. Прикладные науки. – 2022. – № 14. – С. 2-9.

117. **Колосова А.С., Пикалов Е.С.** Современные эффективные теплоизоляционные материалы на органической основе // Междунар. журн. прикладных и фундаментальных исследований. – 2021. – № 4. – С. 74-85.

118. Патент № 2708421 С2 Российская Федерация, МПК (51) С04В 16/02(2006.01) С04В 18/26(2006.01) С04В 28/10(2006.01) С04В 40/02(2006.01). Способ производства строительных изделий из легкого бетона на органическом заполнителе растительного происхождения: № 2017100431: заявл. 09.01.2017: опубл. 06.12.2019 / Любомирский Н.В., Бахтин А.С., Бахтина Т.А., Левестам А.Ю.; заявитель ООО «НПП СТРОЙТЕХНОЛОГИИ». – 6 с.

119. **Ткачева О.Н., Авакян А.Г.** Солома для производства стройматериалов // Современные строительные материалы и технологии: сб. науч. ст. III Междунар. конф. / под ред. М.А. Дмитриевой. – Калининград, 2021. – С. 66-70.

120. **Петропавловская В.Б., Новиченкова Т.Б., Завадько М.Ю.** Теплоизоляционный гипсокастробетон // Вестн. Тверского ГТУ. Сер.: Строительство. Электротехника и химические технологии. – 2020. – № 2 (6). – С. 29-38.

121. Патент № 2770075 С1 Российская Федерация МПК С01В 33/24(2006.01) С09С 1/28(2006.01) С09С 1/02(2006.01) D21С 1/06(2006.01). Способ получения волластонита из кремнийсодержащего растительного сырья: № 2021119107: заявл. 29.06.2021: опубл. 14.04.2022 / Ярусова С.Б., Панасенко А.Е., Гордиенко П.С., Земнухова Л.А.; заявитель ФГБУН Институт химии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИХ ДВО РАН). – 11 с.

122. **Неменушая Л.А.** Обзор разработки и производства

биоразлагаемой упаковки // Экология человека в зеркале «зеленой повестки» современного мира: сб. ст. по итогам Всерос. науч. конф. с междунар. участием / под ред. Э.В. Барковой, О.М. Бузской. – М., 2022. – С. 139-143.

123. Материалы сайтов производителей экологичной упаковки [Электронный ресурс]. – URL: <https://dareco.ru/catalog/eko-posuda>, <https://eco-pack-group.ru/catalog/>, <https://ecovilka.com/about-us/>, <https://www.picneco.ru>, <https://1ea.ru>, <https://www.opti-com.ru/company> (дата обращения: 22.11.2021).

124. **Галимзянова Р.Ю., Пестерникова Н.Н., Хисамиева Д.Р., Мевлянова М.Д.** Разработка биоразлагаемой упаковки на основе полимолочной кислоты и крахмала // Лучшая студенческая статья 2018: сб. ст. XVIII Междунар. науч.-исслед. конкурса. В 2 ч. Отв. редактор Г.Ю. Гуляев. – 2018. – С. 12-14.

125. **Беркетова Л.В., Полковникова В.А.** К вопросу об эко-, съедобной и быстрорастворяющейся упаковке в пищевой индустрии // Бюл. науки и практики. – 2020. – Т. 6. – № 10. – С. 234-243.

126. **Козлов В.** Декоративные изделия из соломки от стеблей злаковых культур [Электронный ресурс]. – URL: <https://zhiznteatr.mirtesen.ru/blog/43341434674/Drevniy-narodnyiy-promysel-izdeliya-iz-solomki?ysclid=Ilc1njy3d7997593666> (дата обращения: 16.08.2023).

ПРИЛОЖЕНИЕ

№ варианта	коровы дойные	коровы сухостойные	нетели	телята	молодняк
1	200	40	25	85	100
2	250	50	30	80	90
3	270	60	36	74	120
4	300	40	45	65	110
5	265	70	44	101	170
6	250	50	40	80	70
7	200	40	45	95	100
8	320	60	36	90	144
9	255	46	44	98	167
10	295	71	44	101	174
11	260	60	50	80	90
12	310	52	48	110	170
13	290	66	44	100	170
14	280	70	30	85	65
15	250	45	35	85	100
16	240	62	48	90	170
17	200	50	30	100	150
18	220	46	34	88	162
20	300	52	48	120	180

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ВТОРИЧНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ И ОТХОДЫ АПК.....	5
2. НОМЕНКЛАТУРА И КЛАССИФИКАЦИЯ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА.....	8
3. РЕЦИКЛИНГ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА.....	11
3.1. Кормопроизводство.....	11
3.2. Подстилка для содержания сельскохозяйственных животных	21
3.3. Удобрения.....	24
3.4. Сорбенты	33
3.5. Биоэнергетика.....	37
3.6. Расчет биогазовой установки.....	54
3.7. Субстраты	66
3.8. Строительство	77
3.9. Биоразлагаемая упаковка.....	80
3.10. Народные промыслы.....	82
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	84
ЛИТЕРАТУРА	88
ПРИЛОЖЕНИЕ	102
СОДЕРЖАНИЕ.....	103

**Пляка Валерий Иванович,
Панов Андрей Иванович,
Манохина Александра Анатольевна,
Михайличенко Станислав Михайлович**
(ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева)

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА
РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано в печать 26.04.2024. Формат 60×90/16.
Усл.-печ. л. 6,50. Тираж 500 экз.

Заказ № 30001

Отпечатано в типографии «OneBook.ru» ООО «Сам Полиграфист»
129090 г. Москва, Протопоповский пер., 6 www.onebook.ru