



Erasmus+



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



А.М. Саидов, Д.А. Калитка,  
А.И.Ищанова, Ж.Е. Балгужинова

# Современные технологии переработки пищевых отходов

Учебное пособие



Костанайский региональный университет им. А. Байтұрсынұлы

Факультет сельскохозяйственных наук

Кафедра продовольственной безопасности и биотехнологии

А.М. Саидов, Д.А. Калитка, А.И.Ищанова, Ж.Е. Балгужинова

**Современные технологии переработки пищевых отходов**

Учебное пособие

Костанай, 2024

**УДК 664:628.4.042 (075.8)**  
**ББК 36 я73**  
**С56**

**Авторы:**

Саидов Анзор Мусаевич, старший преподаватель кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии КРУ имени А. Байтұрсынұлы

Калитка Дмитрий Аркадьевич, преподаватель кафедры продовольственной безопасности и биотехнологии КРУ имени А. Байтұрсынұлы

Ищанова Азиза Ибрагимовна, магистр естественных наук, аппаратчик молочного цеха ТОО «ДЕП»

Балгужинова Жулдызай Ерденбековна, преподаватель специальных дисциплин Костанайского политехнического высшего колледжа

**Рецензенты:**

Юнусова Гульнара Батырбековна – кандидат технических наук, старший преподаватель, кафедры биологии, экологии и химии КРУ имени А. Байтұрсынұлы

Кобжасаров Тулеген Жумашкенович - PhD, и.о. ассоциированного профессора, кафедры технологии переработки и стандартизации, Костанайского регионального университета имени А. Байтұрсынұлы

Черкасов Юрий Борисович - кандидат технических наук, senior lecturer, заведующий кафедрой ТиС Костанайского инженерно-экономического университета имени М.Дулатова

Саидов А.М., Калитка Д.А., Ищанова А.И., Балгужинова Ж.Е.

**С56 «Современные технологии переработки пищевых отходов»:** Учебное пособие. – Костанай: КРУ имени А. Байтұрсынұлы, 2024. – 118 с.

**ISBN 978-601-356-386-2**

В учебном пособии представлены современные передовые технологии использования и переработки вторичных сырьевых ресурсов и отходов пищеперерабатывающей промышленности на пищевые, кормовые и технические цели.

Учебное пособие составлено в соответствии с рабочей программой дисциплины, и предназначено для магистрантов образовательной программы «7M05201- Геоэкология и управление природопользованием», выполнено в рамках реализации задач международного проекта ERASMUS+ № 618715-EPP-1-2020-1-DE-EPPKA2-CBHE-JP «Продвижение циркулярной экономики в странах-партнерах путем разработки и реализации магистерской программы «Управление отходами» (UnWaste).

Утверждено и рекомендовано Учебно-методическим советом Костанайского регионального университета им. Ахмет Байтұрсынұлы, протокол №3 от 29.05.2024 года.

- © Костанайский региональный университет им. А. Байтұрсынұлы, 2024
- © Саидов А.М., 2024
- © Калитка Д.А., 2024
- © Ищанова А.И., 2024
- © Балгужинова Ж.Е., 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение.....                                                       | 4   |
| 1 Вторичные сырьевые ресурсы и отходы АПК.....                      | 6   |
| 2 Технологии переработки отходов растениеводства.....               | 10  |
| 3 Технологии переработки отходов зерноперерабатывающей отрасли..... | 28  |
| 4 Технологии переработки отходов масложировой промышленности.....   | 37  |
| 5 Технологии переработки отходов пивоваренной промышленности.....   | 52  |
| 6 Технологии переработки отходов спиртовой промышленности.....      | 57  |
| 7 Технологии переработки отходов крахмалопаточной промышленности    | 64  |
| 8 Технологии переработки отходов сахарной промышленности.....       | 77  |
| 9 Технологии переработки отходов мясной промышленности .....        | 85  |
| 10 Технологии переработки отходов молочной промышленности.....      | 94  |
| 11 Технологии переработки отходов хлебопекарной промышленности....  | 104 |
| 12 Технологии переработки отходов плодоовощной промышленности.....  | 107 |
| Список использованных источников.....                               | 114 |

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире, когда научно-технический прогресс достиг невиданных ранее высот, остро встает вопрос о рациональном использовании природных ресурсов, утилизации и вторичном использовании отходов. Организация экологически безопасного и безотходного производства становится одной из первостепенных задач, требующих внедрения новейших технологий и инновационных решений.

В частности, предприятия перерабатывающего подкомплекса АПК ежегодно выбрасывают в атмосферу огромное количество загрязняющих веществ, что оказывает негативное влияние на окружающую среду и здоровье населения. Наибольшую долю в этих выбросах занимают азотная кислота (8,4%), аммиак (8,5%), фтористые соединения (5-6%) и сажа (3,2%).

Кроме того, в результате сельскохозяйственной деятельности образуются значительные объемы органических отходов, которые также требуют надлежащего обращения и утилизации. К ним относятся отходы растениеводства, животноводства и перерабатывающей промышленности. Ключевым направлением в снижении экологической нагрузки и вовлечении вторичных сырьевых ресурсов и отходов АПК в хозяйственный оборот является оптимизация технологических процессов в растениеводстве и животноводстве, что позволит сократить количество отходов и потерь на производстве.

Внедрение мало- и безотходных циклов переработки сельскохозяйственной продукции поможет существенно снизить объемы образуемых отходов. Одновременно с этим разрабатываются и внедряются прогрессивные технологические процессы получения новых видов пищевых продуктов и добавок, призванных улучшать пищевую и биологическую ценность продуктов питания. Таким образом, происходит замена традиционных видов первичного сырья вторичным, что также способствует более рациональному использованию ресурсов.

Необходимо разрабатывать и совершенствовать технологии производства полноценных и обогащенных полезными компонентами кормов для сельскохозяйственных животных на основе отходов. Это позволит снизить себестоимость животноводческой продукции и одновременно уменьшить нагрузку на окружающую среду.

Особое внимание следует уделить разработке технических средств и процессов, обеспечивающих очистку выбросов и переводение их в экологически чистые формы. Важно уменьшить загрязненность сточных вод, извлекать из них и концентрировать продукты очистки для их дальнейшей переработки.

Внедрение вертикально-интегрированных компаний, объединяющих в едином комплексе производство растительного сырья, животноводческих ферм и перерабатывающих предприятий, позволяет оптимизировать

производственные процессы, минимизировать отходы и повысить эффективность использования ресурсов.

В целом, для достижения поставленных целей необходимы скоординированные усилия государства, бизнеса и общественных организаций. Внедрение инновационных технологий, повышение экологической сознательности населения и развитие инфраструктуры по переработке отходов позволят сформировать новую, экологически устойчивую модель развития экономики и общества.

## **1 ВТОРИЧНЫЕ СЫРЬЕВЫЕ РЕСУРСЫ И ОТХОДЫ АПК**

Агропромышленный сектор экономики характеризуется высоким уровнем образования отходов, обусловленным особенностями производства первичной сельскохозяйственной продукции. Доля первичной продукции, полученной из сырья, часто составляет 15-30 %, при этом остается значительное количество материала с ценными свойствами. Этот материал становится отходами производства, которые впоследствии могут быть использованы в качестве вторичного сырья для производства дополнительной продукции.

На сельскохозяйственных предприятиях образуются различные виды продукции и отходов, в том числе первичная продукция с определенными стандартами и ценами, побочная продукция, пригодная для использования в других отраслях, и отходы производства - остатки, утратившие потребительские свойства[1].

В мировом масштабе ежегодный объем сельскохозяйственных отходов достигает значительных 2 миллиардов тонн, при этом на долю отходов пищевой и перерабатывающей промышленности приходится 1,3 миллиарда тонн. Сюда входят различные растительные остатки, такие как солома, шелуха, стебли кукурузы и другие, активно включаемые в хозяйственный оборот.

Важно отметить, что вторичное сырье и отходы пищевой и перерабатывающей промышленности находят активное применение при создании более 130 видов новой продукции. Такой подход не только расширяет сырьевую базу АПК, но и реализует экономически эффективные методы, снижая затраты на производство единицы конечного продукта при сохранении уровня сырьевых затрат. Такие меры не только обеспечивают дополнительный выпуск продукции, но и способствуют более эффективному использованию ресурсов, поддерживая экологическую устойчивость[2].

### ***Классификация вторичных ресурсов и отходов АПК***

Классификация вторичных ресурсов и промышленных отходов дает ключевую информацию о характеристиках и свойствах различных групп вторичного сырья и отходов. Отходы делятся на две категории: используемые и неиспользуемые.

К используемым отходам относятся те, которые могут быть утилизированы с учетом возможности и целесообразности их прямого использования или после определенной обработки. Такие отходы рассматриваются как вторичные сырьевые ресурсы (ВСП). К этой группе отходов относятся многие материалы в сельском хозяйстве, которые после дополнительной обработки могут быть использованы в производстве новых товаров или непосредственно в качестве продуктов для других целей, например, кормов.

Неиспользуемые отходы - это отходы производства, для которых на данный момент не установлена возможность или целесообразность использования, как непосредственно, так и после обработки. Однако с

развитием передовых технологий, появлением нового сырья и изменением потребительского спроса эти отходы могут приобрести социальную значимость. Такие недоиспользуемые или неиспользуемые материалы могут стать исходным сырьем для создания других продуктов и стать предметом торговли.

Вторичное сырье и отходы сельскохозяйственного производства (ОСП) могут быть классифицированы по различным критериям [3]:

**- По источникам образования:**

Отходы растительного происхождения включают стебли зерновых и технических культур, лузгу и стебли подсолнечника, остатки льна, кукурузную шелуху, картофельную пульпу, остатки сена и силоса, пульпу сахарной свеклы, жом (шрот), зерновые картофельные отходы, виноградную выжимку и т.д.

Отходы животного происхождения состоят из крови, костей, сыворотки, обезжиренного молока, сыворотки, навоза и т. д.

Минеральные отходы образуются из отходов соляной промышленности, а химические - из отходов производства синтетических моющих средств, парфюмерии и косметики.

**- По отраслевой принадлежности:**

Различные отрасли пищевой и перерабатывающей промышленности производят специфические отходы, такие как сахарная, масложировая, спиртовая, крахмальная и картофелеперерабатывающая, пивоваренная, чайная, зерноперерабатывающая, плодоовощная, пищевая концентратная, хлебопекарная, молочная и мясная промышленность.

**- По агрегатному состоянию:**

Твердые отходы включают солому, шелуху подсолнечника, хлопковую шелуху, ростки солода, зародыши кукурузы, косточки винограда и фруктов, кости, жировое сырье, шерсть и т.д.

К пастообразным отходам относятся фильтрационный осадок, навоз, патока, осадок сепараторов.

Жидкие отходы - это мыльный раствор, патока, сок картофельных клеток, дрожжевой осадок, кровь, сыворотка, обезжиренное молоко, сыворотка и т. д.

Газообразные отходы включают углекислый газ брожения.

**- По технологическим стадиям производства:**

Отходы, получаемые при первичной переработке сырья, включают мякоть сахарной свеклы, фруктовые косточки, яблочные и виноградные выжимки, кровь, кости, шерсть, обезжиренное молоко и др.

Отходы вторичной переработки включают рафинированный сироп, фосфатидные концентраты, отбеливающие глины, мелассовые отходы после брожения, молочную сыворотку и др.

Отходы от переработки промышленных отходов включают костную муку, отходы от производства пищевых концентратов, фильтрат цитрата кальция и т. д.

**- По возможности повторного использования без дальнейшей обработки:**

Например, крошки, дефекты, хлебные отходы, отходы хлебопекарного, мучного, кондитерского и макаронного производства.

- По интенсивности материала:

Высокотоннажные отходы (условно более 100 000 тонн в год) включают жом сахарной свеклы, дефека́т, жом (жом), картофельный и кукурузный жом и т. д.

К малотоннажным отходам (условно до 100 000 тонн в год) относятся деготь, остатки пивных дрожжей и т. д.

- **По степени утилизации:**

Полностью утилизированные отходы включают мелассу, жом сахарной свеклы, кровь, кости, сыворотку, обезжиренное молоко и др.

Частично утилизированные отходы включают в себя дефека́т, углекислый газ, картофельный сок, отбеливающие глины, остатки хмеля и т. д.

- **По направлениям последующего использования:**

Для производства пищевых продуктов путем дальнейшей переработки, таких как патока, хвосты сахарной свеклы, фосфатидные концентраты, яблочные выжимки, кукурузные эмбрионы, фруктовые косточки, кровь, кости, сыворотка, обезжиренное молоко, пахата.

В качестве корма в сыром или переработанном виде, включая солому и стебли сельскохозяйственных культур, сырой и высушенный жом сахарной свеклы, картофельный и кукурузный жом, жмых (жом), отработанное зерно пивоваренных заводов, костную муку, молочную сыворотку и т.д.

В качестве сырья для производства технической продукции (сырья для переработки в смежных отраслях), например, кукурузный экстракт, шелуха подсолнечника и хлопковая шелуха, клейковина, костная мука, порошок виноградной косточки, известняковая смола, кость, шерсть, перья и др.

В качестве удобрений, в том числе навоз, птичий помет, дефека́т, сок клеток картофеля и т.д.

В строительстве, например, известняковые отходы, выпаренный осадок после ферментации, стебли зерновых, шелуха подсолнечника и хлопка, гипсовый шлам и т.д.

В качестве топлива - солома, растительные остатки, навоз, куриный помет, отработанные растительные масла, шелуха подсолнечника, жмых (прессованный жмых), кофейная гуща и т. д.

- **По воздействию на окружающую среду:**

Опасные отходы содержат вредные вещества с опасными свойствами (токсичность, взрывоопасность, высокая реакционная способность), либо в них содержатся возбудители инфекционных заболеваний, представляющие непосредственную или потенциальную угрозу для окружающей среды и здоровья человека самостоятельно или при контакте с другими веществами.

Опасные отходы делятся на четыре класса опасности: I класс - чрезвычайно опасные, II класс - высокоопасные, III класс - умеренно опасные и IV класс - малоопасные. Образование и движение этих отходов подлежит статистическому учету.

Также к опасным отходам относятся материалы, которые, не являясь токсичными сами по себе, при утилизации взаимодействуют с окружающей средой, что приводит к негативным последствиям для экологии. В качестве примера можно привести гудрон, сажевое масло, альдегидно-эфирные фракции, табачную пыль, зерновую пыль (взрывается при хранении), пыль кормовых дрожжей (вызывает микробиологические заболевания при вдыхании), углекислый газ, образующийся при брожении, изменяющий состав атмосферного воздуха, и многое другое.

К безопасным (или практически безопасным) отходам относятся свекловичный жом, меласса, жом (жом), фосфатидные концентраты, зерновые картофельные отходы и многое другое.

Данная классификация является несколько условной, и всесторонний учет всех характеристик возможен только при индивидуальном рассмотрении каждого вида СМО и отходов [4].

## 2 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Отходы растениеводства — это растительные компоненты сельскохозяйственных культур, которые остаются после сбора урожая. Они представляют собой многотоннажное сырье, которое может быть использовано в различных целях.

Отходы растениеводства классифицируют по различным признакам:

*По источникам образования:*

- Отходы зерновых культур: солома, полова, мякина.
- Отходы технических культур: стебли подсолнечника, кукурузы, льна, хлопка, сахарной свеклы.
- Отходы кормовых культур: ботва картофеля, кукурузы, кормовые травы.
- Отходы овощных культур: ботва, стебли, листья.
- Отходы плодовых культур: плодоножки, листья, кора.

*По агрегатному состоянию:* твердые, жидкие, газообразные.

*По технологической стадии получения:* первичные, вторичные

*По материалоемкости:* многотоннажные, малотоннажные.

*По степени использования:* полностью используемые, частично используемые, неиспользуемые.

*По степени воздействия на окружающую среду:* безопасные, опасные.

*По направлениям последующего использования:* пищевые, кормовые, технические.

Отходы растениеводства применяются в различных отраслях экономики:

- в биоэнергетике: для производства биогаза, биоэтанола, древесной биомассы.
- в кормопроизводстве: в качестве корма для сельскохозяйственных животных и птиц.
- в качестве удобрений и почвозащитных средств: для улучшения структуры почвы, повышения ее плодородия, защиты от эрозии.
- для производства строительных и утеплительных материалов: щепы, опилок, соломы, макулатуры.
- в декоративно-прикладном промысле: для изготовления предметов интерьера, сувениров, игрушек[5].

Перспективные направления использования отходов растениеводства

- производство искусственного грунта: для восстановления и расширения площади плодородных земель.
- производство биокompозитов: для изготовления изделий с улучшенными эксплуатационными свойствами.
- производство биодизеля: альтернативного вида топлива.

*Искусственный грунт из лигноцеллюлозных отходов*

Искусственный грунт представляет собой материал, полученный из измельченных растительных отходов, который обладает свойствами,

аналогичными свойствам естественного грунта. Он может быть использован для восстановления и расширения площади плодородных земель, а также для выращивания различных сельскохозяйственных культур.

*Технология производства искусственного грунта из лигноцеллюлозных отходов включает в себя следующие этапы:*

- подготовка сырья: сбор, очистка от механических примесей и загрязнений, сортировка, нарезание и смешение.
- мокрый размол сырья: измельчение сырья с использованием специальных реагентов до получения пульпы.
- отжим пульпы от избытка реагента: удаление избытка реагента из пульпы.
- искусственный термо-биохимический катаболизм лигноцеллюлозного сырья: обработка пульпы при повышенной температуре и влажности в присутствии микроорганизмов.
- смешивание продукта катаболизма с модифицирующими добавками: добавление в продукт катаболизма модифицирующих добавок, улучшающих его свойства.
- упаковка: упаковка готового продукта.

На рисунке 1 приводится технологическая схема инновационного процесса.

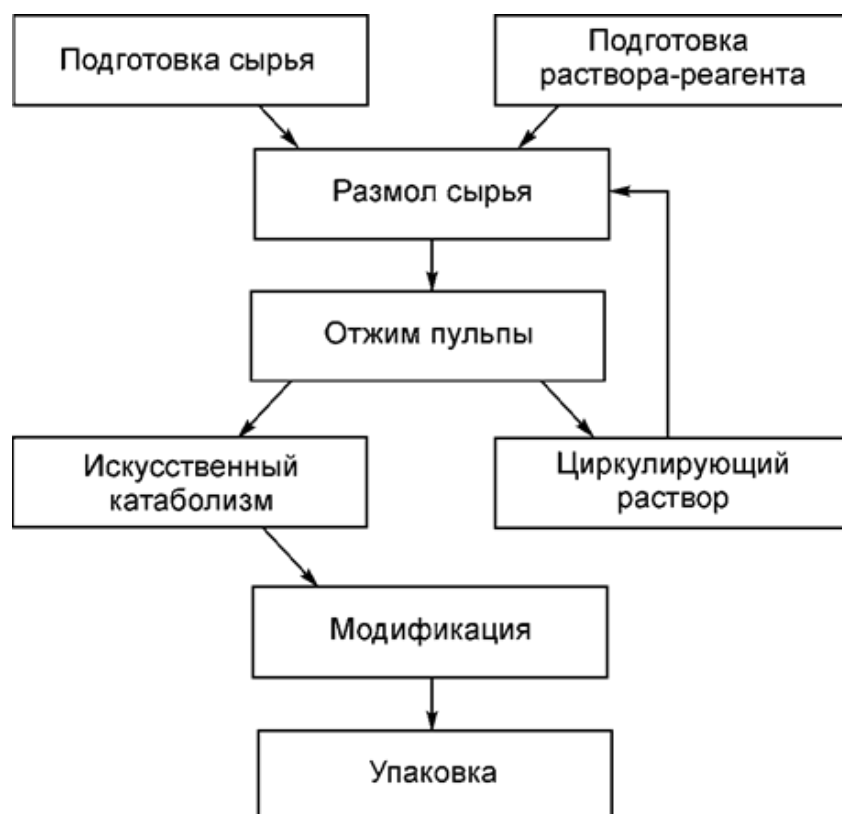


Рисунок 1 - Технологическая схема трансформации лигноцеллюлозных отходов в искусственную почву

Технология производства искусственного грунта из лигноцеллюлозных отходов имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами производства искусственного грунта, в том числе:

- использование возобновляемого сырья: лигноцеллюлозные отходы являются возобновляемым сырьем, что снижает зависимость от исчерпаемых ресурсов.

- снижение себестоимости: использование лигноцеллюлозных отходов снижает себестоимость производства искусственного грунта.

- улучшение свойств: искусственный грунт, полученный из лигноцеллюлозных отходов, обладает улучшенными свойствами, такими как водопроницаемость, воздухопроницаемость, влагоемкость.

Новый тип искусственной почвы может найти применение в следующих областях:

- стерильная среда для выращивания здоровых растений и саженцев в теплицах и домашних условиях;

- добавка для улучшения урожайности почвы огородов и садов; модифицирующая добавка для восстановления плодородности полей;

- искусственная почва для расширения площади плодородных земель;

- улучшение плодородности солончаков;

- восстановление почв, загрязненных гербицидами;

- восстановление загрязненных нефтью почв после их очищения.

### ***Использование отходов растениеводства в биоэнергетике***

Отходы растениеводства являются одним из важнейших источников возобновляемой энергии. Они представляют собой неиспользуемый биологический материал, который может быть переработан в различные виды биотоплива.

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 другое растительное сырье.

Потенциально возможные объемы растительного сырья и отходов для использования в энергетике позволяют получать значительные количества биотоплива.

### ***Производство твердых, жидких и газообразных видов топлива***

Для утилизации отходов растениеводства и производства из них твердых, жидких и газообразных топлив используют различные термохимические технологии:

Прямое сжигание — это наиболее простой и распространенный способ утилизации отходов растениеводства. При этом отходы сжигаются в специальных печах или котлах. Полученное тепло используется для выработки электроэнергии или тепла.

Пиролиз — это термическое разложение органических соединений без доступа воздуха. Продуктами пиролиза являются жидкое топливо, получившее название «бионефть», и газообразное топливо — пиролизный газ. Наиболее термоустойчивые компоненты растительной биомассы, основу которой составляет полимер — лигнин, остаются в твердом состоянии.

Быстрый пиролиз — это разновидность пиролиза, при которой сырье нагревается до высокой температуры (700-900 °С) за короткое время (несколько секунд). При этом достигается более высокий выход жидкого топлива, которое имеет более высокую плотность и вязкость, чем при обычном пиролизе.

Газификация — это процесс термического разложения органических соединений с образованием газообразного топлива, состоящего из водорода, метана, углекислого газа и других компонентов. Газификация может осуществляться в различных условиях, в том числе с использованием катализаторов.

Синтез — это процесс получения жидкого топлива из газообразных продуктов пиролиза или газификации. Синтез может осуществляться с использованием различных катализаторов.

Каталитическая деполимеризация — это процесс разложения полимеров, входящих в состав растительной биомассы, на более простые соединения, в том числе на жидкое топливо.

Бионефть является промежуточным продуктом, используется для производства разных видов автомобильного топлива, а также в качестве котельного топлива как альтернатива мазуту. Свойства бионефти приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Физические свойства бионефти

| Показатели                      | Бионефть  | Мазут  |
|---------------------------------|-----------|--------|
| Плотность, кг/м <sup>3</sup>    | 1200      | 980    |
| Низшая теплота сгорания, МДж/кг | 16-19     | 40,5   |
| Вязкость, сСт                   | 13-80     | 59-118 |
| Зольность, %                    | 0,01-0,02 | 0,14   |

Бионефть является перспективным видом биотоплива, но имеет и ряд недостатков. К основным недостаткам бионефти по сравнению с дизельным топливом относятся:

- пониженная теплотворная способность;
- повышенное содержание воды;
- высокие кислотность, коррозионные свойства и содержание серы.

Главным преимуществом является высокая экологичность. Не большая добавка бионефти (в пределах 5%) к дизельному топливу заметно снижает дымность и вредность выхлопных газов двигателя.

Для повышения качества бионефти необходимо проводить ее переработку, в том числе:

- удаление воды;
- очистку от примесей;
- десульфирование;
- изомеризацию.

В настоящее время разработана установка для производства жидкого и газообразного топлива из органического сырья: соломы, лузги подсолнечника, гречневой шелухи, опилок методом быстрого пиролиза.

Суточная производительность установки составляет 1 т перерабатываемого сырья с получением 400-500 кг жидкого и газообразного топлива [6].

Разработан также образец мини-ТЭС для переработки в жидкое топливо растительной биомассы – отходов сельскохозяйственного производства, пищевой промышленности и низкокалорийных горючих ископаемых.

Производительность установки составляет 240 кг в сутки по жидкому топливу, до 700 кг в сутки по несконденсированному газу при средней теплотворной способности 5500 ккал/кг. Выход готовой продукции из пиролизной установки по отношению к массе сырья представлен в таблице 2.

Таблица 2 - Выход готовой продукции из пиролизной установки по отношению к массе сырья, %.

| Сырье             | Температура нагрева, °С | Биотопливо | Газ | Уголь | Балласт (вода, неучтенные продукты) |
|-------------------|-------------------------|------------|-----|-------|-------------------------------------|
| Отходы кофе       | 600                     | 18         | 60  | 8     | 14                                  |
| Древесная стружка | 550                     | 60         | 22  | 6     | 12                                  |
| Торф              | 650                     | 5          | 72  | 8     | 15                                  |

Такие ТЭС могут быть адаптированы для работы на газообразном и жидком биотопливе, получаемом при пиролизе растительной биомассы.

Основными недостатками такого типа топлива являются присутствие в составе неразложившихся фрагментов лигнина, высокое содержание органических кислот, отсутствие компонентов качественных топлив нефтяного происхождения – аренов и алкенов.

Главным направлением повышения качества пиролизного продукта должно стать изменение химического состава исходной биомассы, например, за счет добавления в биомассу компонентов, улучшающих химический состав продукта путем его приближения к составу нефтяного происхождения.

Использование отходов растениеводства в биоэнергетике является одним из перспективных направлений развития возобновляемой энергетики. Это направление имеет следующие преимущества:

- возобновляемость источников сырья;
- относительно низкая стоимость сырья;
- возможность использования различных видов сырья;

- возможность получения различных видов биотоплива.

Для дальнейшего развития этого направления необходимо решить следующие задачи:

- разработка новых технологий переработки отходов растениеводства;
- снижение себестоимости производства биотоплива;
- создание инфраструктуры для производства и использования биотоплива.

Решение этих задач позволит увеличить производство биотоплива из отходов растениеводства и снизить зависимость от ископаемого топлива.

*Технология каталитической деполимеризации биомассы растительного происхождения.*

Технология каталитической деполимеризации биомассы растительного происхождения предполагает термическое растворение твердой биомассы в присутствии доноров водорода при участии катализатора.

Основным продуктом термического растворения является жидкий субстрат, который может быть переработан в моторное топливо. Наилучшие результаты были достигнуты при использовании древесины, соломы и торфа. Основной химической проблемой при реализации этой технологии является подбор наиболее эффективных реагентов.

Образование вредной кислотной составляющей в продуктах можно уменьшить путем введения в них водородно-донорных восстановителей. К таким донорам водорода относятся добавки, которые уже используются при синтезе биотоплива, например, тяжелой нефти, растительного масла и биоэтанола. Кроме того, могут быть добавлены такие реагенты, как доноры водорода, тетралин и спирты. Количество добавки, используемой для сжижения, составляет примерно 10% от исходной твердой фазы.

Процесс каталитической деполимеризации происходит в водной среде, в результате чего получается конечный жидкий субстрат, содержащий до 30% воды. Для решения проблемы сжигания водосодержащего топлива, известного как биогидротопливо, были разработаны технология и оборудование для приготовления и стабильного сжигания композитного топлива на основе водно-углеводородных соединений (гидробиоттопливо).

Дальнейшее совершенствование технологии основано на принципах использования нанотехнологической активации жидкого биогидротурфа с помощью вихревых гидрокавитационных установок.

Использование этих установок для приготовления водно-углеводородных эмульсий повышает КПД котлов в среднем на 5%, обеспечивает надежное распыление и сжигание таких эмульсий при низких температурах, устойчивое горение при влажности до 30%, снижает токсичность дымовых газов на 50-80%, позволяет хранить водно-мазутные эмульсии более года.

### ***Производство биоэтанола***

Одним из видов топлива, получаемого из растительного сырья, является биоэтанол - этанол, производимый из биомассы или компонентов биоразлагаемых отходов. В отличие от питьевого спирта, используемого в

алкогольных напитках, топливный этанол не содержит воды и производится методом сокращенной перегонки с добавлением метанола, растительных масел и бензина, что делает его непригодным для использования в пищевых целях.

В таблице 3 представлены показатели выхода этанола из различных видов растительных отходов (выход этанола из 1 тонны сырья, сухой вес).

Таблица 3 - Показатели выхода этанола из растительных отходов (выход этанола из 1 т сырья (сухая масса)

| Сырье                 | Выход из тонны сырья, л |
|-----------------------|-------------------------|
| Кукуруза (зерно)      | 470                     |
| Стебли кукурузы       | 427                     |
| Рисовая солома        | 415                     |
| Отходы очистки хлопка | 215                     |
| Лиственные опилки     | 381                     |
| Багасса               | 421                     |

На рисунке 2 представлена схема производства биоэтанола из некондиционного зерна и зерновых отходов.

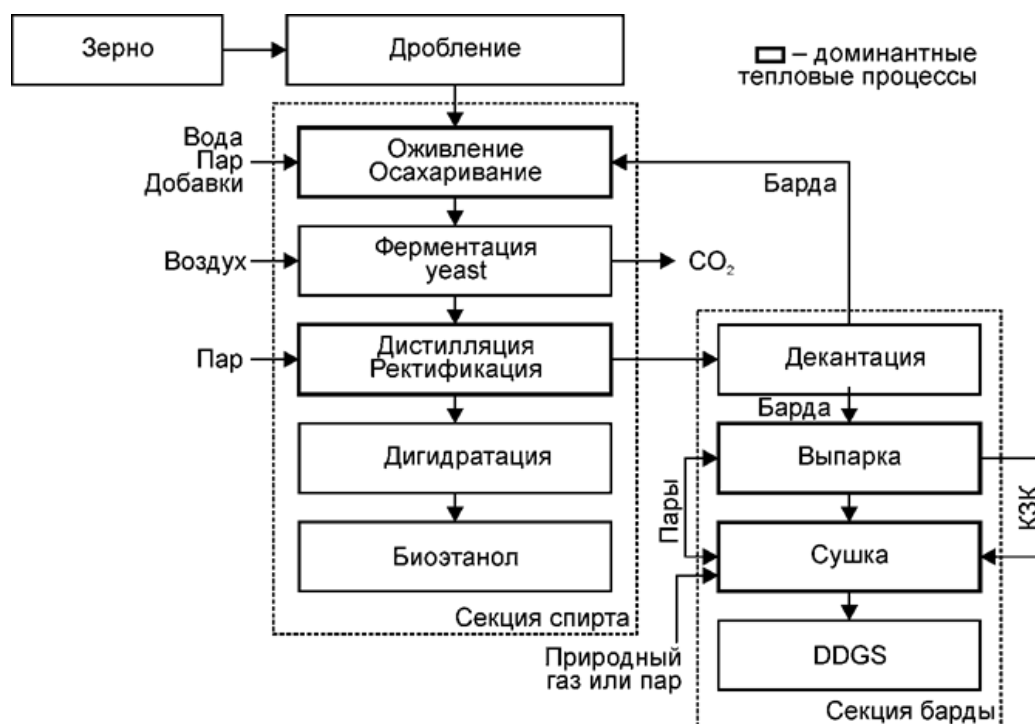


Рисунок 2- Схема производства биоэтанола

Технологические процессы производства этанола постоянно развиваются. Существует технология вакуумной ферментации, при которой брожение спирта происходит одновременно с дистилляцией спиртовых паров, выделяющихся в процессе брожения. Этот метод значительно снижает себестоимость биоэтанола и стоимость производственного оборудования.

Согласно этой технологии, осахарившееся сусло с содержанием сухих веществ 50% вносится в бродильную камеру (ферментер). В ферментере происходит непрерывное брожение одновременно с вакуумной дистилляцией.

По мере превращения глюкозы в спирт и углекислый газ они непрерывно удаляются из ферментера, а затем происходит конденсация паров этанола. На протяжении всего процесса брожения-дистилляции концентрация спирта в сусле остается на уровне 2,5-3,5%. Вакуумное брожение позволяет сохранить жизнеспособность и высокую активность дрожжей. Удаление спирта и CO<sub>2</sub> сопровождается частичным испарением воды из сусла, в результате чего в конце процесса брожения образуется концентрированный натюрморт (26-30% сухих веществ). Этот концентрированный натюрморт направляется на сушку и дальнейшую переработку[7].

Полученный спиртовой дистиллят направляется на ректификацию для получения биоэтанола.

Применение данной технологии ускоряет процесс образования спирта, снижает потребление воды за счет увеличения концентрации сухих веществ в бродильном сусле и натюрморте, а также сокращает затраты на энергопотребление до 40 %.

Также есть энергоэффективная технология и оборудование для производства биоэтанола из любого растительного сырья и его отходов с помощью специального виброимпульсного параболического измельчения(рис. 3).



Рисунок 3 - Блок-схема получения этанола, диэтилового и дибутилового эфиров

*Преимущества технологии:*

- в качестве сырья могут быть использованы любые растительные культуры и их отходы.

- использование специально сбалансированного виброимпульсного дробильно-измельчительного комплекса позволяет максимально раскрыть клетки растений за счет внутрислойного вибрационного разрушения материалов путем сжатия со сдвигом, обеспечить доступ к углеводам, белкам и минералам, расщепить полисахаридные оболочки до моносахаридов, увеличить выход сахара в 2 раза и более по сравнению с традиционными технологиями.

- все процессы подготовки и переработки исходного растительного сырья происходят при атмосферном давлении и температуре нагрева не выше 100°C, что исключает образование фурфурола и энергоемкие операции по его удалению.

- за счет тонкой дисперсности растительного сырья улучшаются условия для высокоэффективной ферментации всего объема сахарного гидролизата до 100%, по сравнению с существующими технологиями, где объем ферментации сахара не превышает 40%.

- использование ультразвукового и электромагнитного воздействия на сырье ускоряет механохимические и тепловые процессы со значительным снижением затрат электрической и тепловой энергии (в 2-3 раза) по сравнению с традиционными технологиями.

- выход биоэтанола увеличивается в 2-2,5 раза.

*Технология получения биоэтанола из наноструктурированного растительного сырья*

Согласно этой технологии, исходное сырье, включая сельскохозяйственные отходы, предварительно измельчается до наноразмеров и далее обрабатывается без предварительной высокотемпературной или кислотной обработки. Такое технологическое решение позволяет не только снизить затраты на электроэнергию и природный газ, но и увеличить выход спирта (в среднем до 1 %), сократить время ферментации (в среднем на 6-9 часов), отказаться от оборудования подготовительного этапа и, соответственно, снизить стоимость оборудования.

### ***Производство биодизеля***

Биодизельное топливо представляет собой сложнэфирный состав, по качеству схожий с дизельным топливом. Сырьем для его производства служат жиры животного и растительного происхождения. Биодизель используется в качестве топлива для дизельных двигателей.

### ***Производство биогаза***

Отходы растениеводства могут служить источниками получения биогаза.

Биогаз — это возобновляемый источник энергии, который производится из отходов растительного и животного происхождения в процессе анаэробного сбраживания. Анаэробное сбраживание — это процесс разложения органических веществ микроорганизмами в бескислородной среде. В результате этого процесса образуется биогаз, который в основном состоит из метана и углекислого газа.

В качестве сырья для производства биогаза могут использоваться следующие отходы растениеводства: кукурузный силос, фруктовый и свекловичный жом, меласса, барда зерновая и мелассная, пивная дробина и др.

В таблице 4 представлены данные выхода биогаза из различных отходов растительного происхождения.

Таблица 4 - Выход газа из различных растительных субстратов

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

Растительные отходы в качестве единственного или основного компонента для сброживаемого субстрата нецелесообразны. Оптимальным вариантом является анаэробное сброживание субстратов, которые представляют собой смесь, к примеру, навоза или птичьего помета и коферментов, которыми могут являться отходы растениеводства и переработки.

На текущий момент существует приблизительно 60 разновидностей биогазовых технологий. Схема производства биогаза из растительного сырья по технологии фирмы «Biogaz PlanET» (Германия) представлена на рисунке 4.

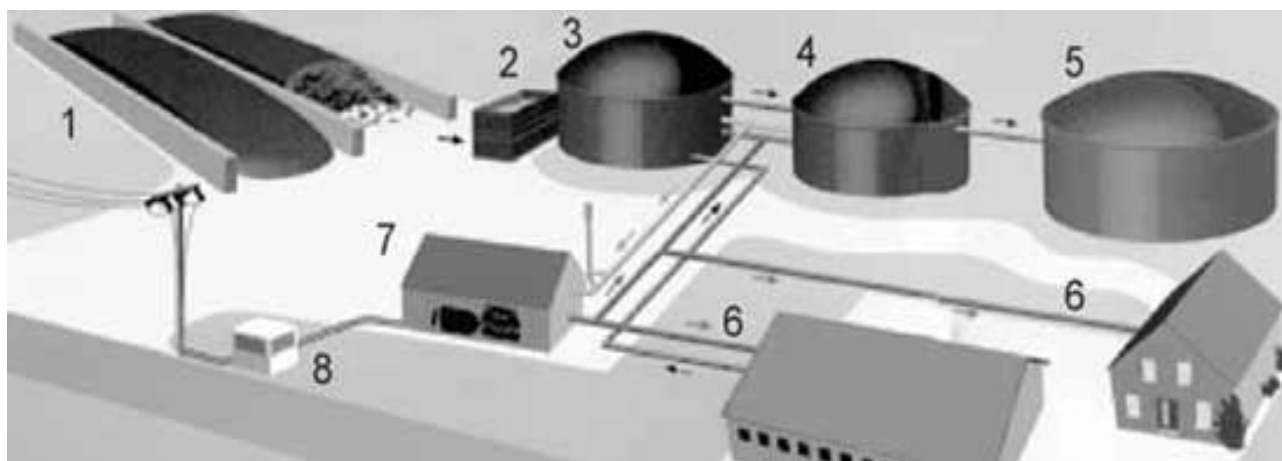


Рисунок 4 - Технологическая схема биогазовой установки «Biogaz PlanET»:

- 1 – емкость для накопления и хранения биомассы; 2 – воронкообразный бункер для загрузки биомассы; 3 – ферментер; 4 – пост- ферментер; 5 – емкость для дигестата; 6 – потребители тепловой энергии; 7 – машинный зал электростанции; 8 – энергопотребители

Основой технологии является биологическая реакция разложения субстрата на метан и углекислый газ в ферментере. Субстрат преобразуется в высококачественное удобрение в емкости для дигестата, которое можно использовать для удобрения полей. Тепловая энергия от реакции может быть применена для отопления жилых домов и животноводческих помещений, а также для продажи, предварительно преобразованная в электрическую. Технологический процесс значительно ускоряется благодаря активным микроорганизмам, которые участвуют в производстве биогаза[8].

*Преимущества биогаза:*

- возобновляемые источники энергии.
- снижение выбросов парниковых газов.
- улучшение качества воздуха.
- утилизация отходов.
- создание новых рабочих мест.

*Недостатки биогаза:*

- высокая стоимость производства.
- ограниченная доступность сырья.
- необходимость использования специального оборудования.

В целом, биодизель и биогаз рассматриваются как перспективные альтернативные источники энергии, которые могут помочь решить проблему зависимости от ископаемых видов топлива и уменьшить воздействие на окружающую среду.

***Производство твердого биотоплива***

Производство твердого биотоплива основано на растительных остатках, используемых в качестве сырья для создания твердых топливных гранул или брикетов. В настоящее время ежегодный мировой спрос на пеллеты составляет 10 миллионов тонн, из которых 8 миллионов тонн производится в Европе.

Основным сырьем для производства топливных гранул являются древесные отходы, к которым добавляются различные компоненты из растительного сектора сельского хозяйства, такие как солома злаковых, зерновые остатки, лузга подсолнечника, лузга гречихи, льняная солома, остатки сахарного тростника и другие.

Наиболее современным видом твердого биотоплива являются топливные гранулы, обеспечивающие значительное снижение затрат на транспортировку и хранение, а также повышение эффективности и автоматизацию процесса сжигания. По своим характеристикам топливные гранулы конкурируют с природным газом, а с точки зрения экологии превосходят другие виды топлива.

Различные виды биомассы обладают различными свойствами, которые имеют решающее значение для их использования в качестве топлива или сырья для его производства (см. табл. 5).

Таблица 5 - Характеристика некоторых видов биотоплива

| Вид топлива             | Влага, % массы | Зола, % массы | Сера, % массы | Хлор, % массы | Теплота сгорания, сухая, б/зол., МДж/кг | Удельный вес, кг/м <sup>3</sup> |
|-------------------------|----------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------------------------|---------------------------------|
| Опилки                  | 8-60           | 0,4-0,6       | 0-0,3         | 0-0,05        | 16-18                                   | 200-350                         |
| Гранулы, брикеты        | 9-10           | 0,4-0,8       | 0-0,3         | 0-0,05        | 19-21                                   | 550-700                         |
| Энергетический Лес      | 25-50          | 1-5           | 0,005-0,03    | 0,01-0,1      | 18-20                                   | 200-350                         |
| Кора                    | 21-65          | 2-6           | 0-0,01        | 0-0,02        | 20-25                                   | 300-550                         |
| Солома                  | 10-20          | 4-10          | 0,05-0,2      | 0,05-1,5      | 18-20                                   | Низкий                          |
| Конопля                 | 15-75          | 1,6-6,3       | 0,03-0,07     | 0,04-0,1      | 19                                      | Низкий                          |
| Зерновые                | 14             | 2-4           | 0-0,5         | 0,02-2,3      | 17-22                                   | 250-390                         |
| Шелуха зерновых         | 12             | 10            | 0,2           | 0,2           | 20                                      | Высокий                         |
| Оливковые отходы        | 0-21           | 0,4-16        | 0,01-0,3      | 0-0,04        | 19-25                                   | Высокий                         |
| Зерна какао             | 7              | 5             | 0,3           | 0,02          | 30                                      | 495                             |
| Отходы цитрусовых       | 8-10           | 4-7           | 0,2           | 0,02          | 21                                      | 600                             |
| Орехи масляных деревьев | 3,3-7,6        | 6-7           | 0,3           | 0,1           | 23                                      | 700                             |
| Навоз, помет            | 4-92           | 15-42         | 0,3-1,1       | 0,6-2,4       | 19-21                                   | Низкий                          |

Технологический процесс производства топливных гранул включает в себя несколько этапов (см. Рисунок 5).

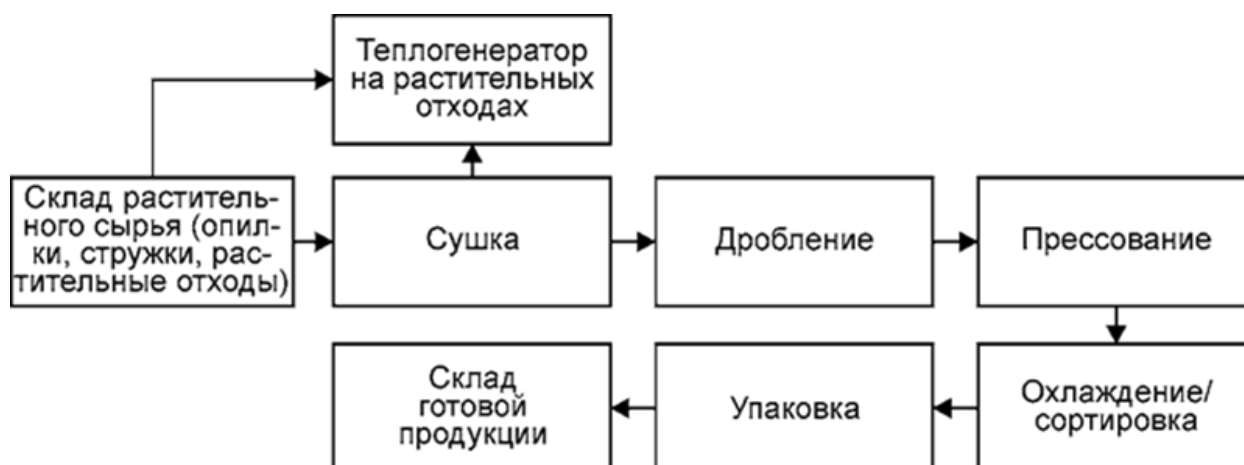


Рисунок 5 - Схема технологического процесса производства топливных гранул (пеллет)

Участок хранения сырья обеспечивает его своевременную подачу для дальнейшей переработки. Процесс включает в себя несколько стадий, начиная от сепарации и транспортной системы, заканчивая мелким и крупным дроблением, сушкой, прессованием и упаковкой.

Основным недостатком топливных гранул является сравнительно низкая теплота сгорания по сравнению с топливными брикетами. Технология производства топливных брикетов делится на три метода, среди которых производство брикетов RUF, NESTRO и PINI&KAY. Каждый из этих методов имеет свои особенности, влияющие на свойства и применимость конечного продукта.

Первый способ предполагает производство брикетов RUF с помощью гидравлических прессов сверхвысокого давления. После обработки сырье превращается в топливный брикет. Такие топливные брикеты не устойчивы к влаге и длительной транспортировке, поэтому требуют качественной герметичной упаковки или локальной продажи вблизи места производства.

Согласно второму способу, топливные брикеты NESTRO изготавливаются с помощью гидравлических или кривошипных прессов, где основным скрепляющим фактором является высокое давление. После соответствующей обработки топливный брикет приобретает форму цилиндра. Такие топливные цилиндры также не устойчивы к механическим нагрузкам и должны продаваться недалеко от места производства.

Третий способ производства топливных брикетов, "ПИНИ и КАЙ", предполагает механическую обработку сырья на шнековых прессах, сочетая два фактора: высокое давление и термическую обработку. Благодаря этому лигнин, присутствующий в сырье, выступает в роли своеобразного клея, образуя плотный брикет. Типичная форма продукта при этом методе - четырехугольник, шестиугольник или восьмиугольник с отверстием посередине. Брикет обладает высокой механической прочностью, что позволяет перевозить его на большие расстояния, устойчив к влаге и хорошо хранится.

Для производства топливных брикетов из растительных остатков и перерабатывающих производств разработано технологическое оборудование. Установка БО-2 предназначена для изготовления брикетов из лузги подсолнечника, шелухи, соломы, опилок и других остатков методом непрерывного прессования в обогреваемой матрице. Этот процесс позволяет получать брикеты с высокой прочностью и улучшенными характеристиками горения.

Разработано технологическое оборудование для переработки отходов сельскохозяйственных и промышленных растений в топливные брикеты. Установка УБО-2 (см. рисунок 6) производит брикеты из лузги подсолнечника, шелухи, соломы, опилок и других растительных отходов.



Рисунок 6 - Установка брикетирования отходов УБО-2

Технология основана на непрерывном процессе прессования в нагретой матрице. Связующими элементами являются вещества, содержащиеся в клетках растений. Брикет формируется шнеком, создающим в нагретой формующей гильзе удельное давление до 200 МПа. В результате контакта с нагретыми стенками поверхность и внутреннее отверстие вдоль оси брикета обугливаются, создавая защитный гидрофобный слой и улучшая условия горения брикета. Постоянно возникающий шестигранный брус шириной 35 мм разрезается на брикеты необходимой длины [9].

Производство твердого биотоплива из растительных отходов представляет собой современную и эффективную технологию, которая вносит существенный вклад в решение вопросов энергетической устойчивости, ресурсосбережения и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

#### ***Использование отходов растениеводства в производстве биоразлагаемой упаковки***

Полимеры широко используются в качестве упаковочных материалов, при этом период разложения полимерной упаковки может составлять десятки и сотни лет. В свете ухудшения экологической ситуации все более популярным становится производство биоразлагаемой упаковки, изготовленной из природных биополимеров.

Биополимеры — это органические вещества, состоящие из повторяющихся звеньев, связанных между собой ковалентными связями. Они встречаются в природе в живых организмах и играют важную роль в их жизнедеятельности.

Биополимеры, такие как полилактаты, известны своим широким использованием. Сырьем для производства молочной кислоты, которая является основой полилактатов, служат отходы от кукурузы, сахарного тростника, риса и других растительных источников. Процесс получения полимеров молочной кислоты осуществляется путем ферментации углеводов растительного происхождения, таких как гидролизаты сахарозы и крахмала.

Полилактаты обладают отличными физико-механическими характеристиками:

- высокой жесткостью, прозрачностью и блеском;
- способность сохранять форму изделия после смятия или кручения, превосходящую традиционные пластмассы на 50%;
- возможность обработки на стандартном экструзионном и выдувном оборудовании;
- высокой экологической стойкостью, снижая выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу на 25-30% по сравнению с линейным полиэтиленом низкой плотности;
- энергосбережением на 20-30% при производстве по сравнению с синтетическими пластиками.

Другой важной группой биополимеров являются те, которые получают на основе крахмала, извлекаемого из отходов зерновых культур, картошки, маиса. В этом сегменте лидирует итальянская компания "Novamont", занимающая 50-60% европейского рынка биополимеров. Наиболее известными семействами марок биополимеров из крахмала являются Mater-Bi и Solanyl. Эти биополимеры разлагаются в компосте менее чем за 12 недель, соответствуя европейским стандартам.

Биополимеры полигидроксиоксаноаты (ПГА) относятся к классу алифатических полиэфиров на основе гидроксикарбоновых кислот. Крупнейшими разработчиками и производителями ПГА-биополимеров являются американские компании "Metabolix" и "Procter & Gamble". Эти полиэфирные соединения производят различные микроорганизмы. Например, поли-3-гидроксibuтират является естественным продуктом хранения энергии у бактерий и морских водорослей, присутствуя в цитоплазме их клеток.

ПГА-биополимеры полностью биоразлагаемы, близки по своим свойствам к обычным полимерам, хорошо перерабатываются на существующем оборудовании с незначительной его модификацией.

*ПГА-биополимеры обладают следующими преимуществами:*

- высокая прочность и эластичность;
- хорошая термостойкость;
- биоразлагаемость в широком диапазоне условий;
- экологичность (выбросы CO<sub>2</sub> при производстве ПГА-биополимеров на 50-60% ниже по сравнению с производством традиционных полимеров).

Используются также смеси полимеров, в которых один компонент синтетический, другой – природный.

Природный компонент обеспечивает композиции эффект биоразложения, синтетический – требуемый комплекс эксплуатационных и потребительских свойств.

Полимерной матрицей служат полиэтиленовые и полипропиленовые отходы с температурой переработки не выше 120-230°C, чтобы исключить тепловую деструкцию наполнителя.



Технологический процесс включает в себя несколько этапов, таких как сушка, удаление металломагнитных примесей для предотвращения потери качества упаковочных изделий, и измельчение. На сегодняшний день разработаны уникальные рецептурные составы композиций, основанные на смесях синтетических полимеров и модифицирующих добавок с различными соотношениями компонентов. Также разработаны технологические режимы производства изделий с использованием методов литья под давлением, экструзии и прессования, объединенные общей маркой "Биодем".

На рисунке 8 представлена схема процесса получения, использования и утилизации биологически разлагаемого материала под брендом "Биодем".

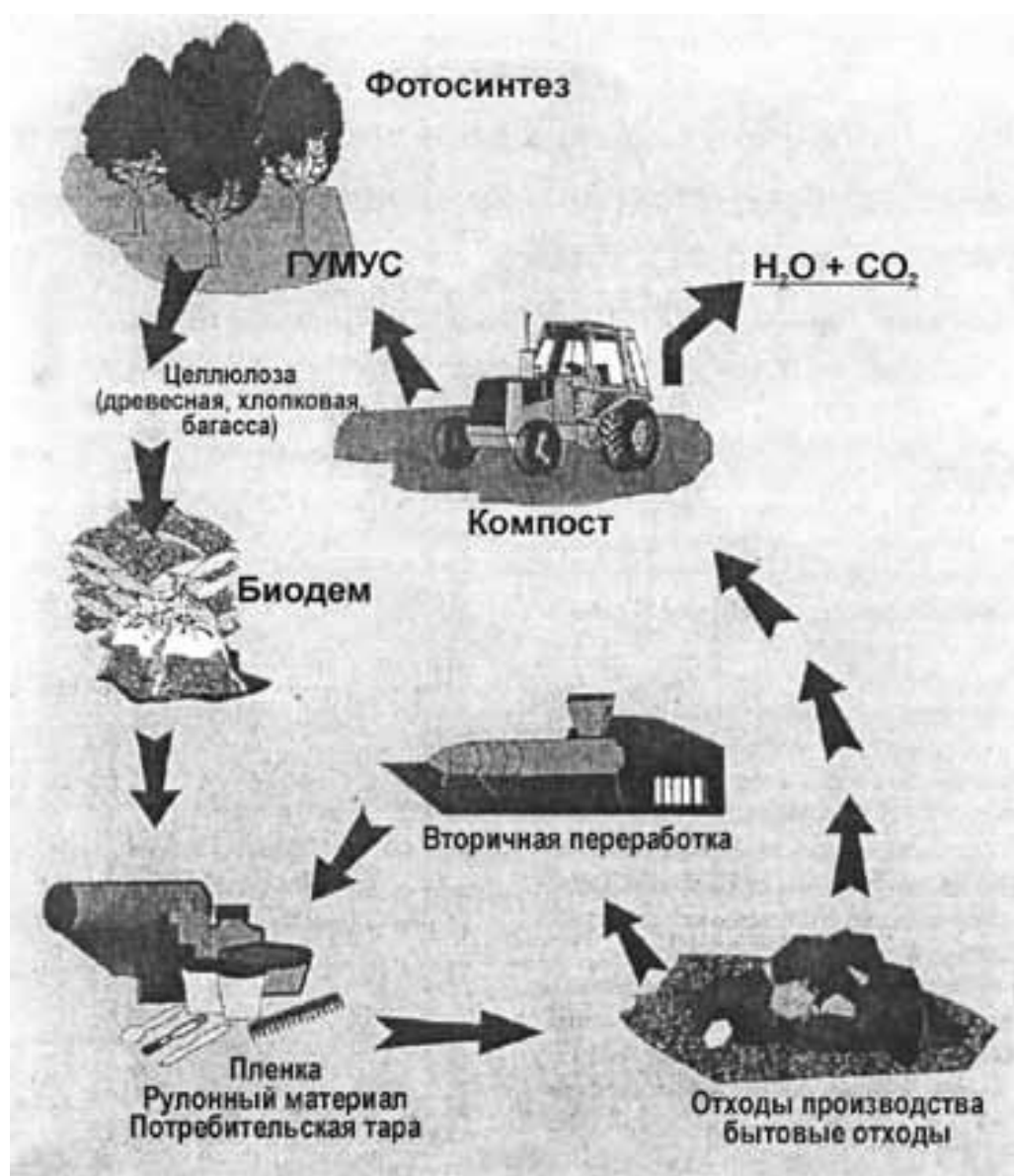


Рисунок 8 - Схема получения, использования и утилизации биологически разлагаемого материала («Биодем»)

Биоразлагаемые материалы находят широкое применение в различных областях:

- для производства упаковочных материалов и тары, предназначенных для пищевых продуктов;
- в производстве одноразовой посуды, предоставляя более экологичные альтернативы традиционным пластиковым изделиям;
- для создания экологически более безопасных мешков для сбора мусора и органических отходов;
- в автомобилестроении, для создания интерьерных деталей, панелей и других компонентов;
- для производства мульчи - пленки, применяемой в сельском хозяйстве для защиты посевов[10]

Эти примеры демонстрируют разнообразие областей, в которых биоразлагаемые материалы могут быть использованы с целью снижения экологического воздействия и перехода к более устойчивым методам производства и потребления.

### 3 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ЗЕРНОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ ОТРАСЛИ

В зерноперерабатывающей промышленности вторичные сырьевые ресурсы и отходы образуются в результате процессов очистки зерна от примесей. Эти отходы включают в себя кормовую зернопродукцию, зерновые отходы, которые делятся на категории в зависимости от содержания в них доброкачественного зерна. В процессе переработки зерна в конечные продукты, такие как мука и крупа, образуются также отруби, кормовая дробленка, лузга, мучка и зародыши [11].

На рисунке 9 представлена принципиальная схема образования и использования ВСР и отходов зернового производства.



Рисунок 9 - Поток образования и использования ВСР и отходов зерноперерабатывающей промышленности:

ПП – побочная продукция; ВСР – вторичные сырьевые ресурсы

Вторичные сырьевые ресурсы (ВСР) мукомольного производства представляют собой ценные материалы, которые находят применение в различных отраслях, включая кормовое производство и пищевую промышленность. До 60% лузги используется в составе кормов для животных. Это может включать в себя различные виды скота, птиц и других животных, которые могут получать питательные вещества из этого ресурса.

Примерно 15% лузги направляется на производство биотоплива. Это важное направление, поскольку обеспечивает возобновляемый источник

энергии, а также способствует сокращению зависимости от традиционных источников топлива.

Примерно 15% отходов мукомольного производства используется на пищевые цели для создания диетических сортов хлеба функционального назначения с использованием готовых смесей с пшеничной сортовой мукой.

Зерновые отходы также находят применение для производства крахмала, клейковины, лизина, молочной кислоты.

Вторичные ресурсы, получаемые в процессе производства круп, представляют собой продукты с высокой пищевой ценностью. Белковый комплекс из этих вторичных ресурсов и отходов крупяной промышленности является более полноценным с точки зрения незаменимых аминокислот, чем белок, содержащийся в цельном зерне. Этот комплекс также обогащен витаминами Е, РР, группы В, а также полиненасыщенными жирными кислотами. Минеральный состав этих ресурсов богат железом, марганцем, калием и фосфором.

Благодаря высокой питательной ценности, основное направление использования отходов крупяного производства — это кормовое производство, где до 60-70% этих ресурсов используется в кормах для животных.

В пищевой промышленности вторичные ресурсы крупяной промышленности активно применяются для обогащения продукции, такой как хлебобулочные и мучные кондитерские изделия. Например, добавление 6% ячменной муки к пшеничной муке первого сорта позволяет увеличить содержание витаминов группы В в хлебе на 7-10%.

Одним из перспективных методов комплексной переработки мучки является экстракция рисового масла и стабилизация мучки с предотвращением ее прогоркания. Этот процесс также позволяет получать лечебные препараты, такие как фитин, используемый для борьбы с рахитом, и инозит, эффективный при заболеваниях печени и атеросклерозе.

В отношении крупяной лузги выявлены перспективные направления использования в различных отраслях. В микробиологической и фармацевтической промышленности, гидролизном производстве, а также в производстве строительных изделий и топливных брикетов, эти отходы могут найти применение.

### ***Технологии переработки ВСР и отходов мукомольного производства***

Технологии переработки вторичных сырьевых ресурсов (ВСР) и отходов мукомольного производства включают в себя перспективные процессы, среди которых выделяется технология производства отрубей пшеничных диетических и пшеничных зародышевых хлопьев пищевого назначения.

Отруби пшеничные, предназначенные для лечебного питания, подлежат особой обработке с учетом требований к микрофлоре, содержанию микотоксинов, наличию пестицидов и гербицидов, а также содержанию тяжелых металлов. Эффективным методом стерилизации отрубей является термическая обработка, которая существенно улучшает их характеристики, такие как цвет, вкус, запах, и продлевает сроки хранения. Процесс сушки

горячим воздухом в специальном сушильном оборудовании с последующим охлаждением позволяет снизить уровень микробиологической обсемененности до уровней, соответствующих установленным стандартам.

Схема технологического процесса выработки диетических и пшеничных зародышевых хлопьев для лечебно-профилактического питания представлена на рисунке 10.

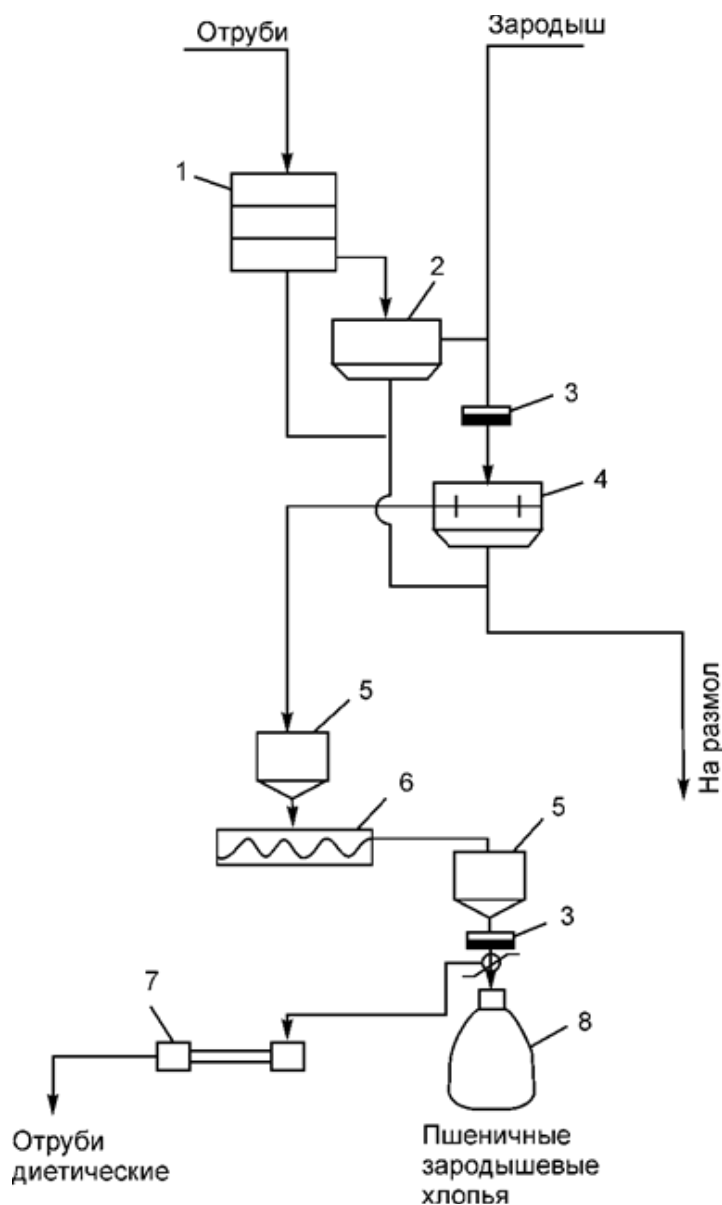


Рисунок 10- Технологический процесс производства диетических отрубей и пшеничных зародышевых хлопьев:

1 – сепарирование для обеспечения необходимой крупности отрубей; 2 – очистка частиц эндосперма от оболочек; 3 – выделение металломагнитной примеси; 4 – калибрование отрубей по крупности, отделение муки от зародыша; 5 – накопление зернопродукта;

6 – снижение микробиологической обсемененности, влажности и инактивация липоликтических ферментов путем сушки продукта с последующим охлаждением;

7 – фасовка диетических отрубей и зародышевых хлопьев; 8 – выбор диетических отрубей и пшеничных зародышевых хлопьев

Технологическая линия для производства отрубей пшеничных диетических рекомендуется для внедрения как на существующих, так и на только что созданных мукомольных предприятиях. Производительность данной линии составляет до 100 кг/ч.

*Технология комплексной переработки зерна пшеницы с получением клейковины, крахмала, сахаристых продуктов и сухого корма (рис. 11).*

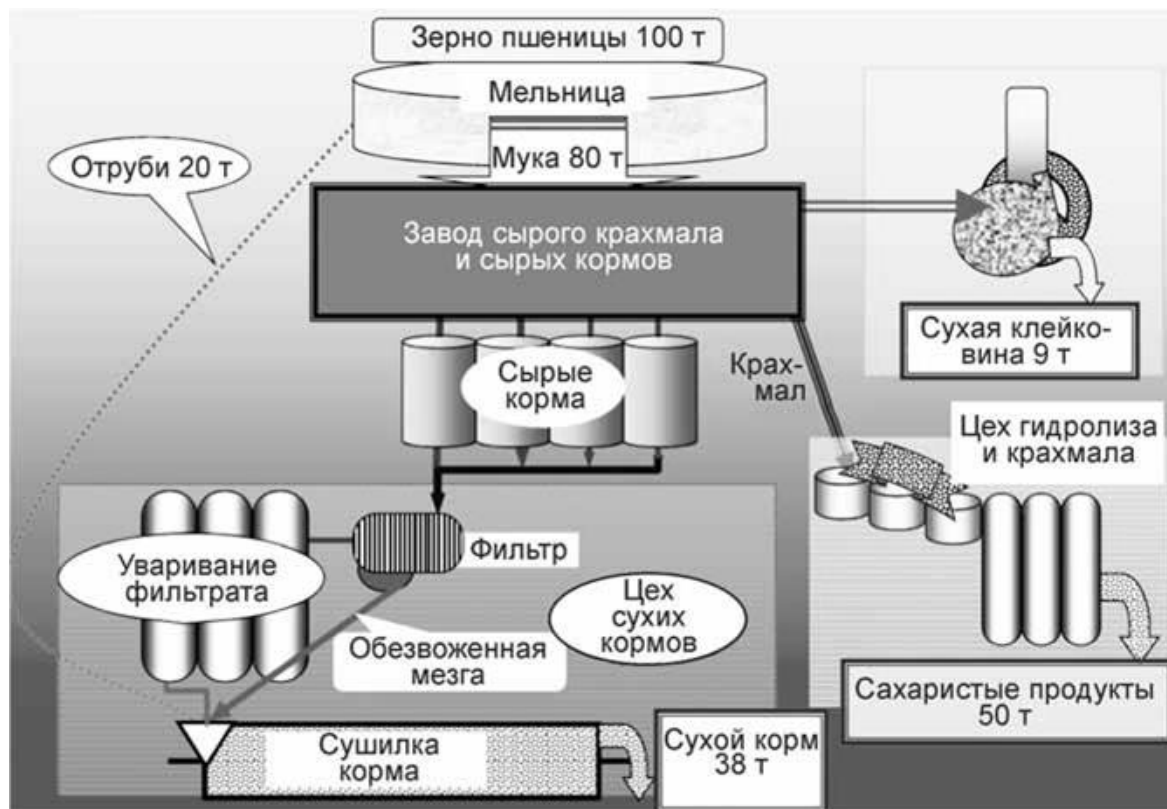


Рисунок 11 - Комплексная переработка зерна пшеницы

Технология предоставляет возможность получения более 50% крахмала, 9% клейковины и 38% сухого корма. Потери сухих веществ в этом процессе не превышают 3%.

Крахмал, произведенный посредством данной технологии, находит применение в различных отраслях, включая бурение нефтяных скважин, производство бумаги, текстиля, взрывчатых веществ, пищевых подсластителей, безалкогольных напитков, биоэтанола, фармацевтических препаратов, инсектицидов и биополимеров.

Клейковина, также произведенная по этой технологии, находит применение в хлебопекарном и макаронном производстве. Она выполняет функции пластификатора и связующего вещества, обеспечивает формирование теста и сохранение его формы при варке изделий. Сухая клейковина также применяется для корректировки хлебопекарных свойств пшеничной муки с низким содержанием клейковины или со слабой клейковиной. В некоторых европейских странах добавление клейковины к мукам с низким содержанием клейковины экономически обосновано, так как сильная пшеница является более

дорогостоящим сырьем. Добавление сухой клейковины может варьироваться от 2% для улучшения физических и реологических свойств теста и качества хлеба, до 20-40% для разработки новых видов продуктов, богатых растительным белком [12].

В мясоперерабатывающей промышленности клейковина используется как функциональный добавочный компонент, улучшающий структуру и плотность готовых изделий. Водорастворимый пшеничный глютен, образуя волокна в процессе гидратации, препятствует появлению рыхлости в текстурированных мясных продуктах.

Клейковина также применяется в рецептурах готовых зерновых завтраков функционального назначения. В настоящее время микробиологический синтез глюкозы используется для производства различных продуктов, таких как L-лизин и молочная кислота.

L-лизин, являющийся незаменимой аминокислотой, применяется в кормах для птицы и свиней, экономизируя зерно. Белок ржи, богатый лизином и триптофаном, представляет перспективное сырье для производства незаменимых аминокислот.

Молочная кислота, получаемая ферментацией углеводов растительного происхождения, является базовым веществом для биохимической технологии. Полимеры молочной кислоты используются в качестве перспективного заменителя традиционных пластмасс и сырья для производства биоразлагаемой упаковки.

Аспирационная пыль, малоиспользуемый вид отходов мукомольного производства, может быть подвергнута гидролизу, преобразовывая полисахариды в простые сахара. Полученные моносахариды затем могут быть использованы для культивирования дрожжевых микроорганизмов. Эти процессы представляют собой перспективные способы обращения с отходами и использования их в различных отраслях промышленности.

Катализаторами процесса гидролиза являются сильные кислоты – серная или соляная.

*Технология утилизации аспирационных отходов мукомольных предприятий с получением кормовых дрожжей путем гидролиза сырья разбавленными минеральными кислотами при атмосферном давлении.*

Процесс начинается с подготовки сырья, которое подвергается гидролизной переработке в растворе серной кислоты при оптимальных значениях времени и температуры. На этапе подготовки питательных сред наносятся штаммы микроорганизмов, и определяется коэффициент прироста биомассы.

Экспериментально была установлена оптимальная среда для последующей ферментации дрожжей, характеризующаяся содержанием 1,95% редуцирующих веществ и 0,5% сульфата аммония. Удельная скорость роста дрожжей на таких средах составляет от 0,15 до 0,16 г/ч.

На рисунке 12 представлена поэтапная схема технологии утилизации аспирационных отходов с получением кормовых дрожжей.

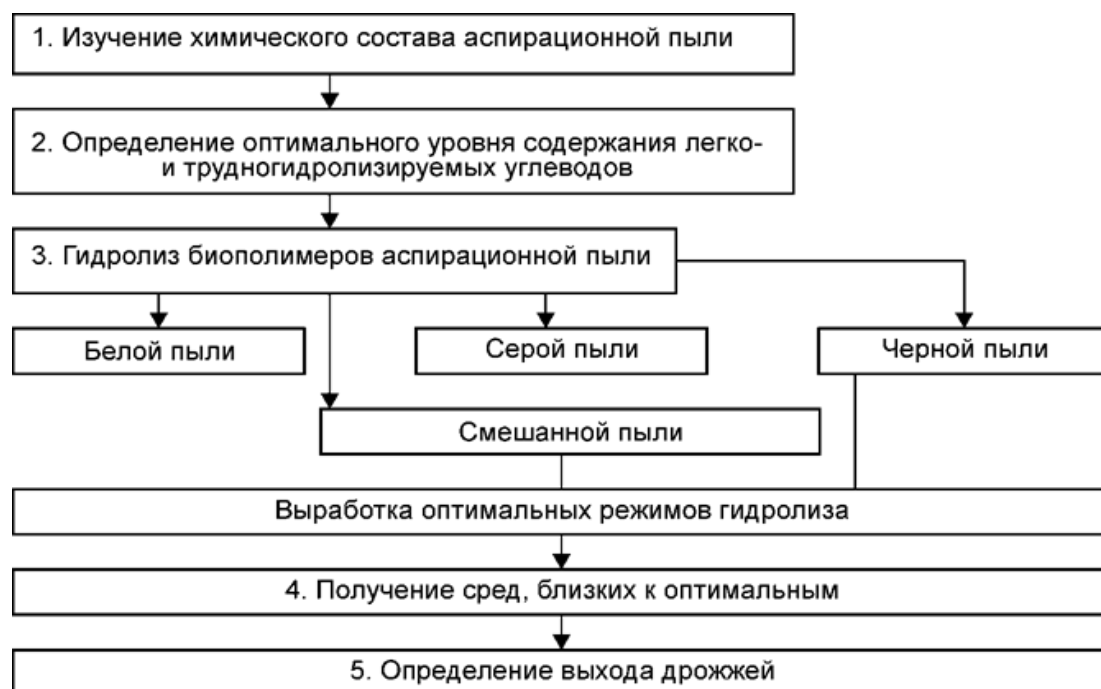


Рисунок 12 - Общая модель перехода аспирационной пыли во вторичный ресурс

Данная технология предоставляет возможность утилизации редко используемых отходов мукомольных предприятий, таких как аспирационная пыль, что способствует получению дополнительной прибыли для предприятий.

#### **Технологии переработки ВСР и отходов крупяного производства**

К базовым технологическим процессам переработки ВСР крупяного производства на пищевые и кормовые цели относится технологическая схема производства масла из рисовой муки. Схема технологического процесса представлена на рисунке 13.

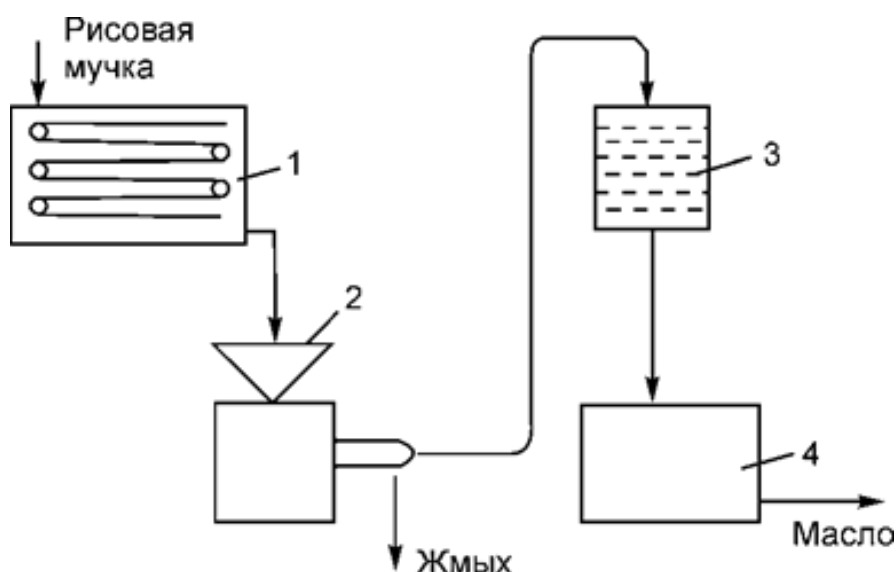


Рисунок 13 - Технологическая схема производства масла из рисовой муки:  
1 – прогреватель; 2 – экструдер; 3 – фильтр; 4 – отстойник

На первом этапе процесса производства масла из рисовой муки, рисовая мука подвергается прогреву для стабилизации ферментативной активности. Затем она направляется в пресс-экструдер, где с использованием специальной насадки осуществляется отжим масла, а оставшийся жмых выводится. Полученное масло проходит через фильтр, после чего поступает в отстойник и, наконец, в накопительную емкость.

Другим важным направлением технологии является производство рассыпных и гранулированных кормовых смесей, как показано на рисунке 14.

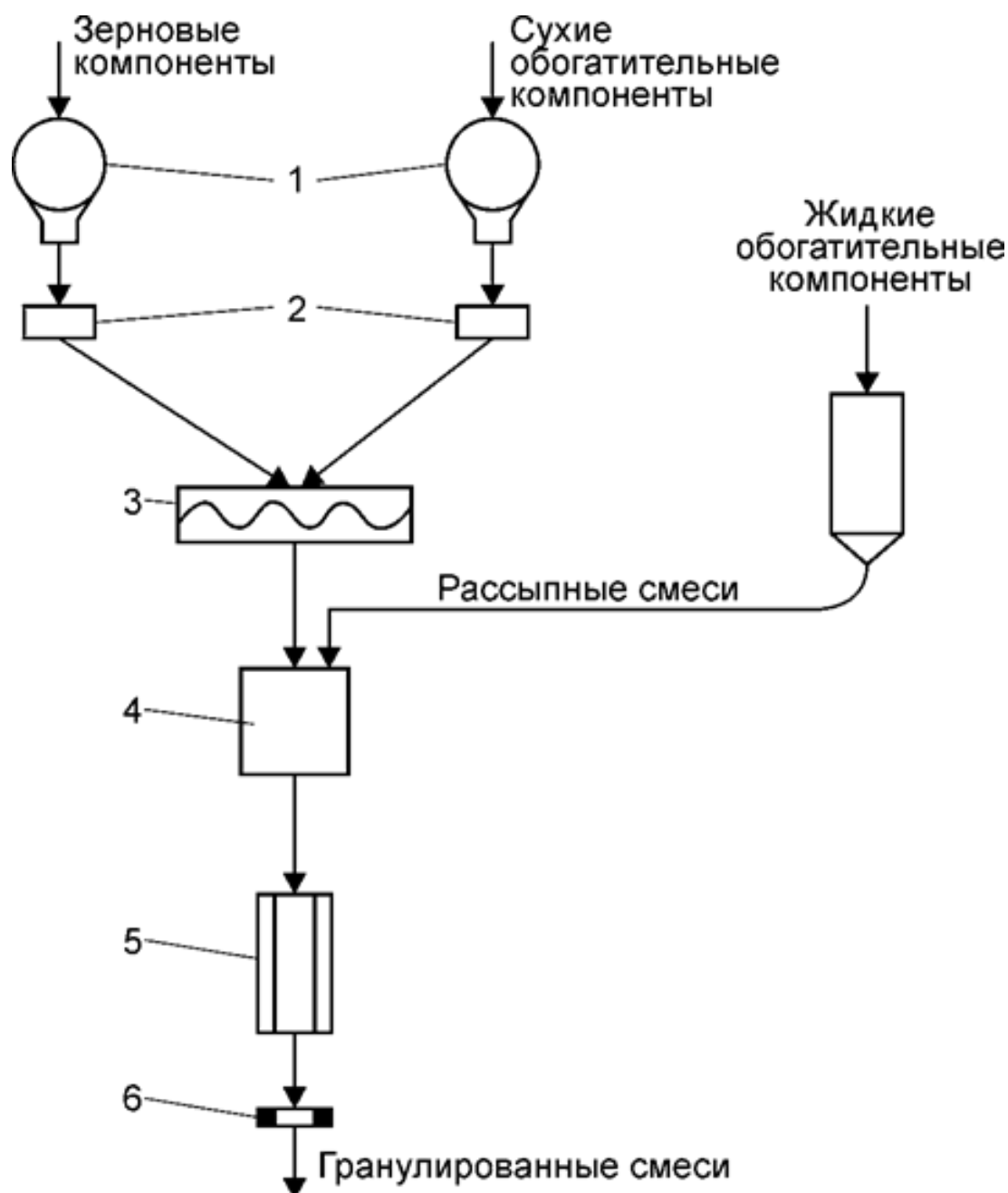


Рисунок 14 - Технологическая схема производства рассыпных и гранулированных кормовых смесей:

1 – измельчители; 2 – дозаторы; 3 – смеситель; 4 – пресс; 5 – охладитель; 6 – магнит

Отходы первой и второй категорий, мелкое зерно, кормовую дробленку, мучку подвергают очистке от случайных примесей, после чего проходят измельчение на соответствующих измельчителях. Затем эти компоненты смешивают с дополнительными сухими обогатительными элементами, такими как соль и мел, в соответствии с заданной рецептурой. Полученная рассыпная кормосмесь выходит из смесителя.

При производстве гранулированных кормосмесей в рассыпную смесь добавляют жидкую мелассу, которая обеспечивает необходимую прочность гранул. Также вводят жмых, шрот, мочевины (карбамид), кормовой фосфат. Эту смесь прессуют, а затем осуществляют охлаждение гранул и их магнитный контроль. Таким образом, получается готовая гранулированная кормосмесь[13].

Отходы зернопереработки используют для производства облицовочных плит (рис.15).

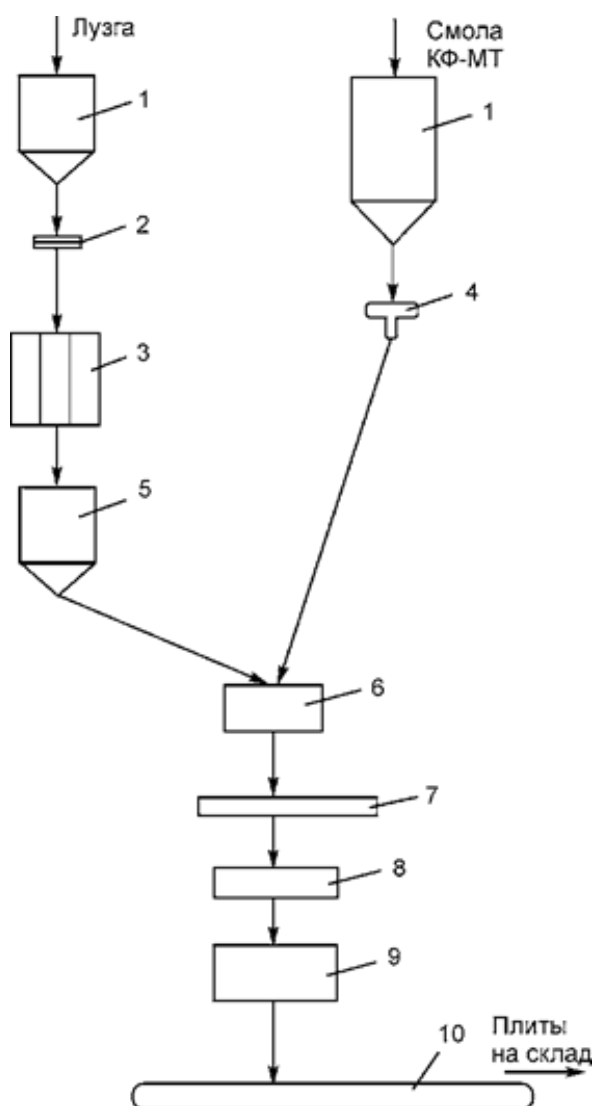


Рисунок 15 - Технологическая схема производства облицовочных плит:

1 – бункеры; 2 – магнит; 3 – сушилка; 4 – дозатор; 5 – бункер- накопитель; 6 – смеситель; 7 – формующая машина; 8 – подпрессовщик; 9 – пресс; 10 – охладитель

Лузга, будь то рисовая или гречневая, подвергается процессу высушивания. Затем она смешивается со смолой и отвердителем в специальном смесителе. Полученная осмоленная лузга подается порциями в поддоны, подпрессовывается и затем прессуется при заданных температурном режиме и давлении. Готовые плиты по своим характеристикам не уступают традиционным древесным стружечным плитам.

Технологическая схема производства кровельных и укупорочных материалов из отходов крупяного производства включает в себя измельчение крупной лузги в дробилке, перемешивание с полимер-каучуковым композитом, разогревание при интенсивном перемешивании, вальцевание пластичного однородного материала и формование кровельного листа заданной толщины. После охлаждения материал скатывают в бобины и передают на склад. Используются в качестве укрывного материала при кровельных работах.

Также перспективно использование крупной лузги в качестве топлива. На рисунке 16 представлена технологическая схема производства топливных брикетов из крупной лузги.

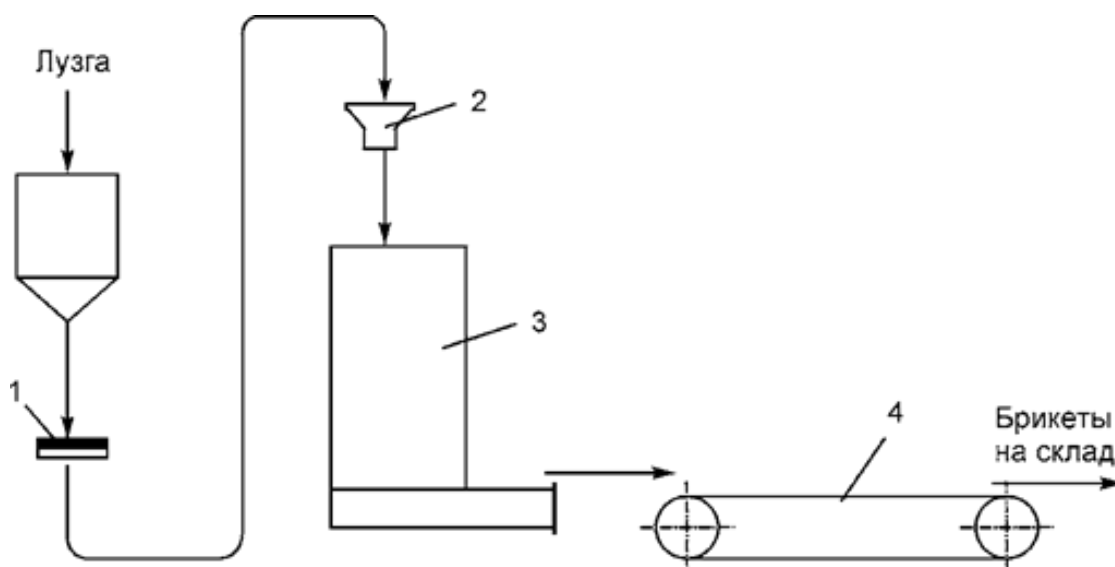


Рисунок 16- Технологическая схема производства топливных брикетов:  
1 – магнит; 2 – дозатор; 3 – пресс; 4 – конвейер-охладитель

Производство топливных брикетов из крупной лузги начинается с того, что лузга из бункера-накопителя подвергается магнитному контролю и поступает в пресс через дозатор. В прессе она брикетируется при определенной влажности, температуре и давлении. Брикет имеет поперечное сечение 100 x 120 мм, а их длина ( $200 \pm 50$  мм) определяется местом излома непрерывно выдавливаемого бруса. После охлаждения брикеты складывают [14].

Опыт эксплуатации такого топливного сырья продемонстрировал высокие качественные характеристики процесса. Теплота сгорания крупной лузги соответствует требуемому уровню, а содержание вредных выбросов в атмосферу существенно ниже по сравнению с сжиганием традиционного топлива.

#### **4 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В процессе обработки семян масличных культур в масложировой промышленности, а также в производстве растительного масла, маргариновой продукции и майонеза, образуются различные побочные продукты, вторичные сырьевые ресурсы (ВСР) и отходы. К ним относятся подсолнечная лузга, жмых, шрот, фосфатидные концентраты, соапсточные жиры, погоны дезодорации, отработанный фильтрующий порошок, катализаторы, содовые растворы, гудрон, и сточные воды.

Эти ВСР и отходы классифицируются в зависимости от стадии технологического процесса, на которой они образуются. Например, на стадии прессования и форпрессования образуются жмых, шрот, и лузга, а на стадии гидратации масла – фосфатидные концентраты.

Отходы масложировой промышленности используются в различных областях, включая производство мыла, олифы, майонеза, олеина, стеарина, глицерина.

Все ВСР и отходы делятся на используемые и малоиспользуемые в зависимости от их степени применения.

К используемым относятся: подсолнечная лузга, жмых, шрот, фосфатидные концентраты, соапстоки, отбельная земля, погоны дезодорации, гудроны.

К малоиспользуемым – отработанные катализаторы, щелочные растворы, фильтрующие порошки.

По объемам образования отходы масложировой отрасли подразделяются на многотоннажные и малотоннажные. К многотоннажным относятся лузга, жмых, шрот, соапстоки. Все остальные виды отходов являются малотоннажными.

На долю различных видов отходов приходится определенный процент, например, жмыхи составляют 35-37%, шроты – 40-42%, лузга – 13-15%, соапстоки – 5-7% от общего объема отходов. Основные направления использования ВСР и отходов: пищевое, кормовое, техническое.

Использование отходов и вторичных сырьевых ресурсов (ВСР) масложировой отрасли в кормовом направлении является приоритетным. Основные виды отходов, предназначенных для кормления животных, включают в себя жмыхи и шроты, которые применяются в рационах почти всех видов сельскохозяйственных животных. Жмыхи содержат до 7-10% жиров, а шроты до 1-3% жира и протеина.

Принципиальная схема жиропереработки с выходом всех отходов, представлена на рисунке 17.

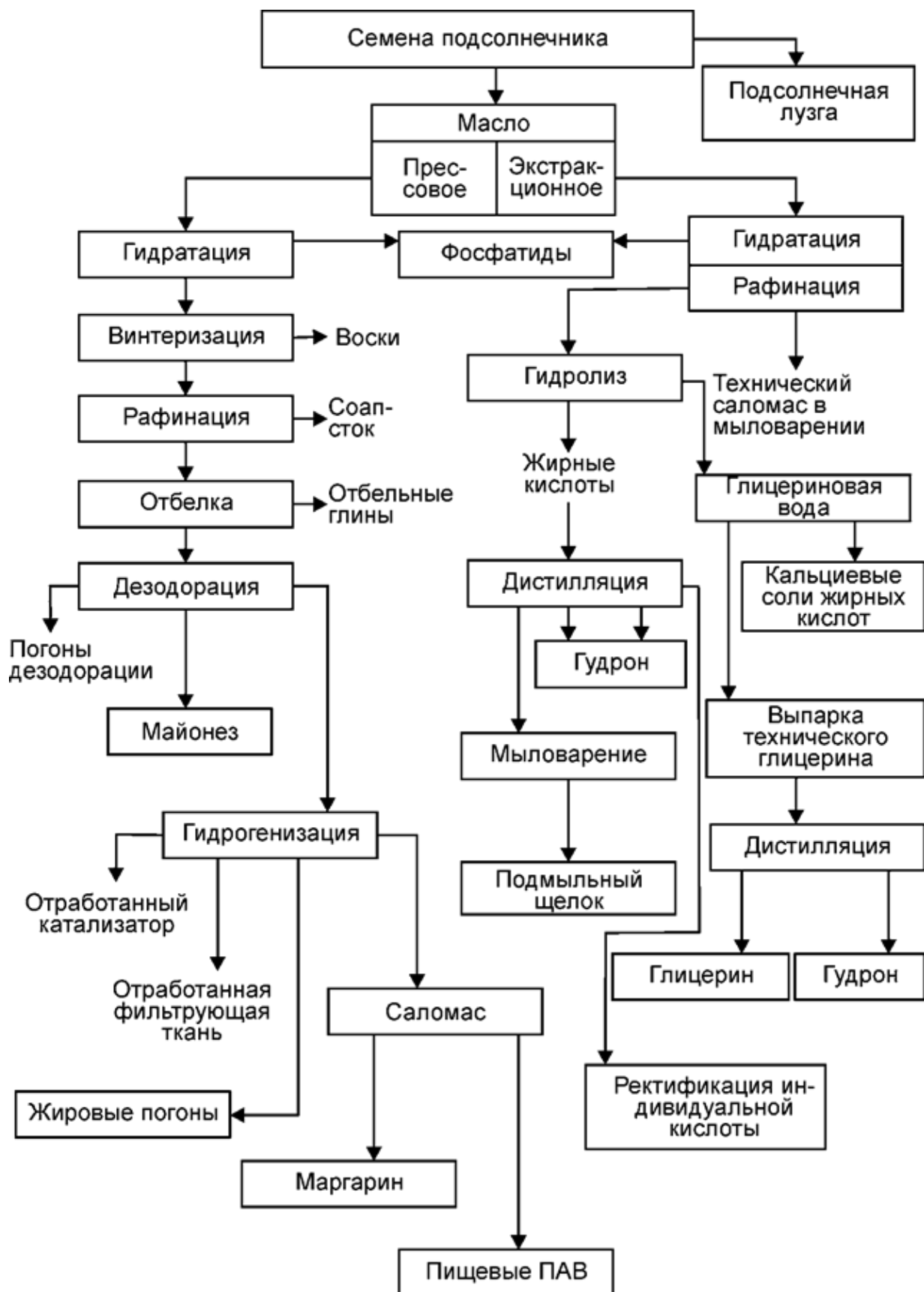


Рисунок 17 - Принципиальная схема жиропереработки

В таблицах 6, 7 представлен биохимический состав подсолнечного и соевого жмыха (шрота).

Таблица 6 -Химический состав подсолнечного жмыха и шрота, %.

| Показатели                          | Подсолнечный |           |
|-------------------------------------|--------------|-----------|
|                                     | жмых         | шрот      |
| Азот                                | 7-8,0        | 7-8,8     |
| Сырой протеин                       | 44-50        | 44-50     |
| Сырой жир                           | 5,2-7,8      | 0,6-1,5   |
| Углеводы:                           |              |           |
| сахара                              | 7,5-10,2     | -         |
| клетчатка                           | 9,6-11,0     | 13,8-19,4 |
| Фосфор, общий                       | 2,2-2,7      | 2,4-2,9   |
| Безазотистые экстрактивные вещества | 22,9-25,7    | 22,8-38,1 |
| Зола, общая                         | 6,2-6,8      | 5,5-7,7   |

Таблица 7 - Химический состав соевых продуктов, %.

| Питательность, %                     | Экспеллер- ный соевый жмых | Соевый шрот | Высокобелковый соевый шрот | Соевый белковый концентрат |
|--------------------------------------|----------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------|
| Сухие вещества                       | 89                         | 90          | 89                         | 93                         |
| Сырой протеин                        | 42                         | 44          | 49                         | 68                         |
| Сырая клетчатка                      | 7                          | 7           | 3                          | 4                          |
| Зола                                 | 6                          | 6           | 6                          | 6                          |
| Обменная энергия для птицы, ккал/кг  | 2420                       | 2240        | 2475                       | 2890                       |
| Обменная энергия для свиней, ккал/кг | 2990                       | 3090        | 3380                       | 3500                       |
| Аминокислоты                         | 6,20                       | 6,52        | 7,39                       | 9,80                       |

Кормовая ценность 1 кг подсолнечного шрота с содержанием протеина 41% и выше оценивается в 1,02 кормовой единицы, соевого шрота – в 1,1, подсолнечного жмыха – в 1,13, а соевого кормового жмыха – в 1,18 кормовой единицы.

Основным техническим отходом в данной отрасли является подсолнечная лузга, химический состав которой представлен в таблице 8.

Таблица 8 - Химический состав подсолнечной лузги.

| Показатель                                        | Подсолнечная лузга     |                       |
|---------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|
|                                                   | высокомасличных сортов | низкомасличных сортов |
| Химический состав на абсолютно сухое вещество, %: |                        |                       |
| сырой жир                                         | 1,30-3,42              | 0,99                  |
| сырая клетчатка                                   | 52,0-59,6              | 65,9                  |
| сырой протеин                                     | 3,75-4,62              | 1,88                  |
| сырая зола                                        | 1,97-2,77              | 1,37                  |
| безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ)         | 30,4-39,56             | 29,9                  |
| Воски                                             | 0,28-1,27              | -                     |
| Теплотворная способность, ккал/кг                 | 3910-4268              | -                     |

Лузгу эффективно применяют в различных технических областях, таких как производство строительных плит, изготовление теплоизоляционных материалов и облицованных шпоном плит для мебельной индустрии, а также в качестве топлива, предоставляя 3500-4300 ккал при сгорании 1 кг лузги.

Другие отходы масложировой промышленности также находят применение в технических целях:

- жирные кислоты соапстока используются в производстве мыла, олеиновой и стеариновой кислот, олиф и др. Содержание общего жира в соапстоке составляет не менее 25%, жирных кислот – не менее 15%.
- отбельные глины используются при приготовлении мыльных паст.
- гудроны применяются в качестве флотореагента при флотации апатитовых руд, в дорожных покрытиях и в литейных крепителях для повышения прочности.
- кальциевые соли жирных кислот применяются в мыловарении, полиграфии, как смазочные материалы и в дорожном строительстве.
- синтетические полимерные смолы находят применение в лакокрасочной и химической промышленности.
- жирные кислоты и одноатомные спирты используются в качестве заменителя дизельного топлива.
- эфиры многоатомных спиртов применяются в синтезе смазок и присадок к минеральным маслам различного назначения.
- высшие жирные спирты (ВЖС) используются для синтеза разнообразных поверхностно-активных веществ (ПАВ)[15;16].

#### ***Технологии переработки ВСР и отходов***

В масложировой промышленности приоритетными направлениями использования ВСР и отходов являются: безотходная технология производства высококонцентрированных растительных белков для использования на пищевые и комбикормовые цели; ресурсосберегающая технология рафинации масел с целью более полного извлечения и рационального использования фосфатидов, соапстоков и получения из них товарной продукции; разработка и

внедрение новых процессов и оборудования (котлов-агрегатов), обеспечивающих производство технологического пара за счет сжигания лузги; очистка жиросодержащих стоков с применением мембранных методов, использование фильтрата; производство биоэтанола, твердых видов топлива, строительных материалов и др.

*Использование отходов масложировой отрасли на кормовые цели*

Безотходная технология получения кормового белкового изолята из подсолнечного шрота. На рисунке 18 представлена схема переработки подсолнечного шрота по новой технологии.



Рисунок 18- Технологическая схема безотходной переработки подсолнечного шрота

На первом этапе технологии предусмотрено проведение экстракции щелочерастворимых белков при помощи растворов гидроокиси натрия, с последующим отделением полученного экстракта. Оптимальное щелочное окружение для максимального извлечения белка устанавливается при pH 11,5. Затем осуществляется выделение нерастворимого белка из осадка экстракта, применяя центрифугирование с предварительным гравитационным осаждением, что существенно уменьшает объем центрифугируемого коагулята. Оптимальное время осаждения белка составляет 60 минут.

Оставшиеся отходы, представленные твердым шротовым остатком после экстракции и безбелковой надосадочной жидкостью, используются в качестве питательных сред для размножения пробиотических микроорганизмов, входящих в состав эффективного кормового средства "Бацелл". По сравнению с промышленными средами отмечается повышенная скорость роста микроорганизмов и титр.

В таблице 9 представлен химический состав исходного сырья и полученного изолята.

Таблица 9 - Химический состав исходного подсолнечного шрота и белкового изолята.

| Состав                             | Продукт           |                 |
|------------------------------------|-------------------|-----------------|
|                                    | шрот подсолнечный | изолят белковый |
| Влага, %                           | 9,8               | 29,8            |
| Сырой протеин, %                   | 36,1              | 69,9            |
| Растворимый белок, %               | 16,8              | 39,2            |
| Сырой жир, %                       | 1,6               | 1,9             |
| Сырая клетчатка, %                 | 17,9              | 2,4             |
| Зола, %                            | 7,4               | 6,9             |
| Сумма незаменимых аминокислот, мг. | 85,29             | 264,2           |

Полученный белковый изолят отличается низким содержанием клетчатки и высоким уровнем сырого протеина, который почти вдвое превышает значение в исходном шроте. Доля незаменимых аминокислот в данном продукте увеличивается в 3,1 раза по сравнению с исходным сырьем. Заметно, что аминокислотный состав богат наиболее важными для животных и птицы аминокислотами, такими как лизин, метионин и треонин. Разработанная технология обеспечивает полную переработку масличного шрота в условиях производства.

Также была разработана технология рафинации растительных масел с выделением кормовых фосфолипидов с использованием установки кавитационного действия. Конструктивно-технологическая схема данной установки представлена на рисунке 19.

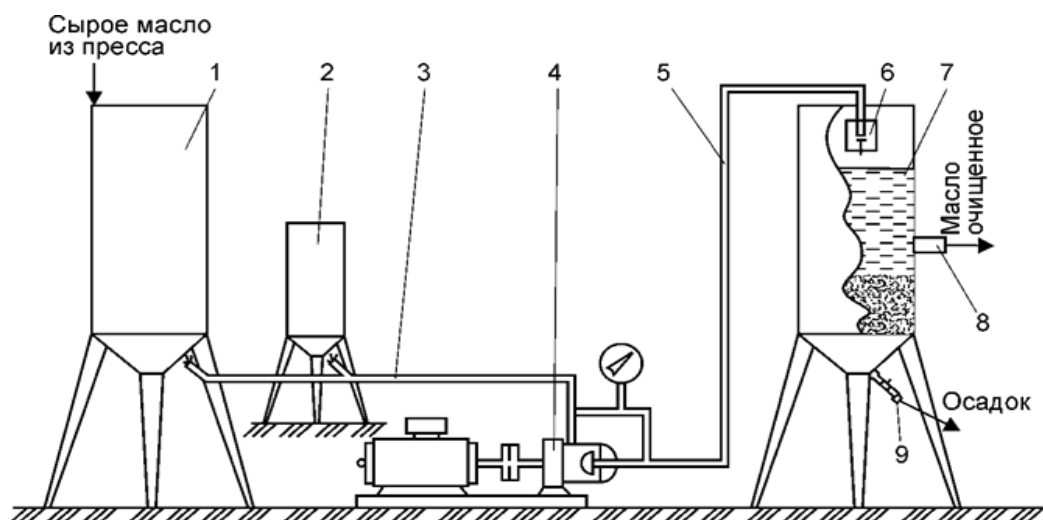


Рисунок 19 - Конструктивно-технологическая схема установки для очистки подсолнечного масла:

1 – емкость с неочищенным маслом; 2 – емкость с гидратирующим раствором;  
3 – трубопровод; 4 – шестеренчатый насос НШ-10; 5 – трубопровод высокого давления;  
6 – кавитатор; 7 – гущеуловитель; 8 – патрубок для слива очищенного масла; 9 – патрубок для сбора осадка фосфолипидов

Основой данной технологии является кавитационная обработка подсолнечного масла гидратирующим раствором с последующим формированием масляноводной эмульсии и её последующим разделением на фазы. Кроме получения масла высшего качества, технология предоставляет возможность производства дополнительного продукта — кормовых фосфолипидов.

В процессе превращения подсолнечной лузги в легкоусвояемый кормовой продукт используются технологические методы, такие как СВЧ-обработка, измельчение и предварительное увлажнение сырья растворами химических реагентов. Эти методы способствуют разрушению лигнинцеллюлозных цепей лузгового сырья и содействуют образованию пентозанов, которые легко усваиваются животными. Степень размола подсолнечной лузги оказывает влияние на содержание легкоусвояемого животными сахара.

Фракционный и биохимический состав лузговой муки представлен в таблице 10.

Таблица 10 - Фракционный и биохимический состав лузговой муки

| Размер частиц фракции, мкм | Содержание легкогидролизуемых полисахаридов, к муке, % | Содержание пентоз, % |
|----------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------|
| Лузга немолотая            | 7-11                                                   | -                    |
| Более 500                  | 17,4                                                   | 9,26                 |
| 350-200                    | 20,35                                                  | 9,5                  |
| 200-140                    | 27,3                                                   | 8,6                  |
| 140-100                    | 29,36                                                  | 8,52                 |
| 100-80                     | 24,7                                                   | 8,4                  |

Установлено, что оптимальный уровень измельчения подсолнечной лузги находится в диапазоне от 350 до 140 мкм, и дальнейшее измельчение приводит к снижению содержания легкоусвояемых животными сахаров. Разработана технология внедрения подсолнечного фуза в комбикорм с уравновешенным гранулометрическим составом.

Процесс получения комбикорма реализуется в соответствии с представленной схемой, изображенной на рисунке 20.



Рисунок 20 - Получение гранулометрического комбикорма с добавлением подсолнечного фуза.

Подогрев фуза перед форсунками не только снижает его вязкость, но также обеспечивает равномерное распыление, предотвращая загрязнение форсунок [17;18;19].

### ***Использование отходов масложировой отрасли на технические цели***

Еще одним направлением использования отходов масложировой отрасли в технических целях является производство теплоизоляционных и строительных материалов.

Разработана технология создания древесных плит и полимерных композиций с использованием подсолнечной лузги в качестве наполнителя.

Процесс изготовления плит заключается в горячем прессовании частичек лузги, смешанных с карбамидоформальдегидной смолой КФ-МТ в качестве связующего вещества, отверждаемой хлористым аммонием. Массовая доля подсолнечной лузги в композиции достигает 80%.

Прессование осуществляется на гидравлическом прессе периодического действия при температуре 165°C и давлении 175 кгс/см<sup>2</sup>. Оптимальное содержание влаги в лузге составляет 2,0-4,5%. Процесс прессования продолжается 6 минут.

*Способ получения плит с применением комплексного связующего на основе термореактивной смолы и термопластичного полимера в виде латекса.*

Предлагается способ изготовления плит с использованием комплексного связующего на основе термореактивной смолы и термопластичного полимера в виде латекса. Внесенные модификации в состав смолы, применяемой в качестве связующего компонента, придают строительным изделиям экологические характеристики (содержание свободного формальдегида в модифицированной композиции снижено в 4 раза по сравнению с немодифицированными связующими), а также повышают физико-механические показатели прессованных плит.

Особую роль в рецептуре связующего вещества играет активный наполнитель – аэросил. Его развитая гидроксiliрованная поверхность и контактные микропоры позволяют адсорбировать остаточный формальдегид, что снижает токсичность изготавливаемых плит.

Схема производства теплоизоляционного материала из подсолнечной лузги представлена на рисунке 21.

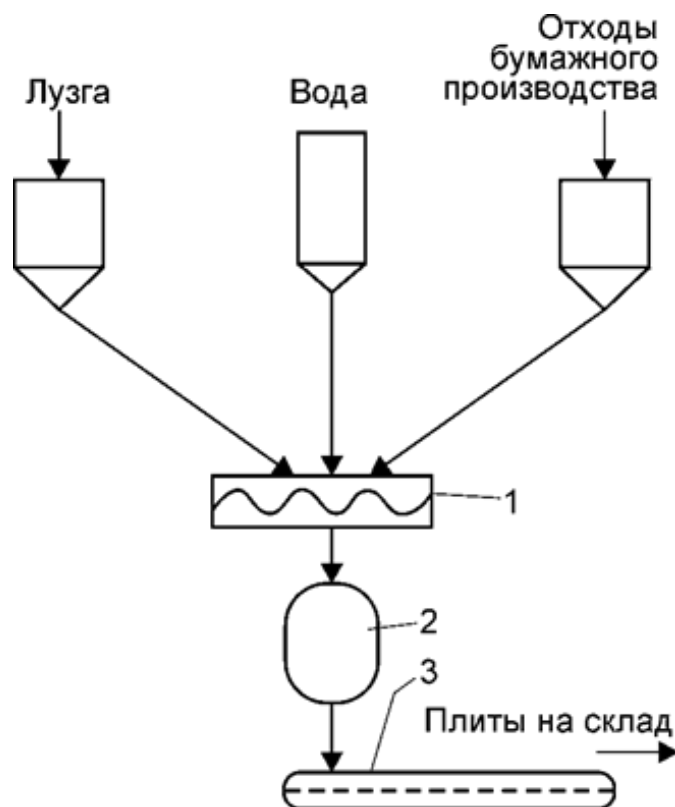


Рисунок 21 - Технологическая схема производства теплоизоляционного материала:

1 – смеситель, 2 – центрифуга, 3 – сушилка

По технологической схеме, лузга, вода и отходы бумажного производства подаются из бункеров в смеситель, откуда смесь дозируется в формы центрифуги. Затем формы, уложенные на вагонетках, направляются в тоннельную сушилку. После процесса высушивания теплоизоляционный материал передается на склад.

Основные характеристики плит из подсолнечной лузги не уступают традиционным древесно-стружечным плитам и соответствуют стандартам, находясь в пределах установленных норм. Эти материалы успешно применяются как облицовочные и теплоизоляционные в строительстве [20;21].

### ***Переработка отходов масложировой отрасли на биотопливо***

Отходы масложировой отрасли успешно находят применение в производстве биотоплива, что становится важным шагом в направлении устойчивого использования ресурсов. Из подсолнечной лузги, жмыхов и шротов получают твердое топливо в форме пеллет и топливных брикетов.

Применение отработанных растительных масел позволяет производить биодизельное топливо, а также дизельное смесевое топливо, что способствует снижению зависимости от традиционных источников энергии.

В таблице 11 представлена сравнительная характеристика растительных масел, используемых в производстве биодизеля

Таблица 11 Сравнительная характеристика растительных масел, используемых при производстве биодизеля.

| Показатели                              | Масло        |                 |              |              |              |                 |              |
|-----------------------------------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|
|                                         | рапсовое     | подсолнечное    | хлопковое    | соевое       | пальмовое    | арахисовое      | льняное      |
| Плотность при 20°C, кг/м <sup>3</sup>   | 915          | 924             | 916          | 923          | 913          | 917             | 932          |
| Вязкость при 20°C, мм <sup>2</sup> /с   | 77           | 63              | 84           | 25           | -            | 81,5            | 29           |
| Температура, °C:                        |              |                 |              |              |              |                 |              |
| вспышки                                 | 305          | 320             | 318          | 220          | 295          | -               | -            |
| кристаллизации                          | -18          | -16             | -4           | -11          | -8           | -               | -            |
| Теплота сгорания (низшая/вышая), кДж/кг | - /3720<br>0 | 36981/396<br>86 | - /3400<br>0 | - /3900<br>0 | - /3800<br>0 | 37023/396<br>38 | - /3700<br>0 |
| Цветное число                           | 36           | 33,4            | 41           | 27           | -            | -               | 36,6         |
| Масло:                                  |              |                 |              |              |              |                 |              |
| содержание, %                           | 43           | 42              | -            | 22           | -            | 37              | -            |
| выход, л/кг                             | 0,37         | 0,25            | -            | 0,07         | -            | 0,3             | -            |
| извлечение, %                           | 72,1         | 65,6            | -            | 32,3         | -            | 73,5            | -            |
| Затраты энергии, Вт/кг                  | 47           | 118,3           | -            | 178,4        | -            | 174             | -            |

Процесс производства биодизельного топлива из отработанного масла начинается с предварительной очистки масла от механических примесей, после чего к нему добавляют метиловый спирт и щелочь, выполняющую функцию

катализатора в реакции переэтерификации. Смесь поднимают до температуры 50°C. После стадии отстоя и охлаждения жидкость расслаивается на две фракции – легкую, представляющую собой метиловый эфир или биодизель, и тяжелую – глицерин.

Биодизель, получаемый в результате этого процесса, по молекулярному составу близок к дизельному топливу. Для максимального превращения триглицеридов в метиловые эфиры, жиры и масла предварительно должны быть очищены до кислотного числа менее 0,5 мг КОН, а метанол – обезвожен.

Отработанные растительные масла также широко используются при производстве дизельного смесового топлива, которое создается путем смешивания дизельного и биодизельного топлива или дизельного топлива и растительных масел.

На рисунке 22 представлена общая схема получения смесового топлива (нефтяного и из отработанных растительных масел) по блочно-модульному принципу.

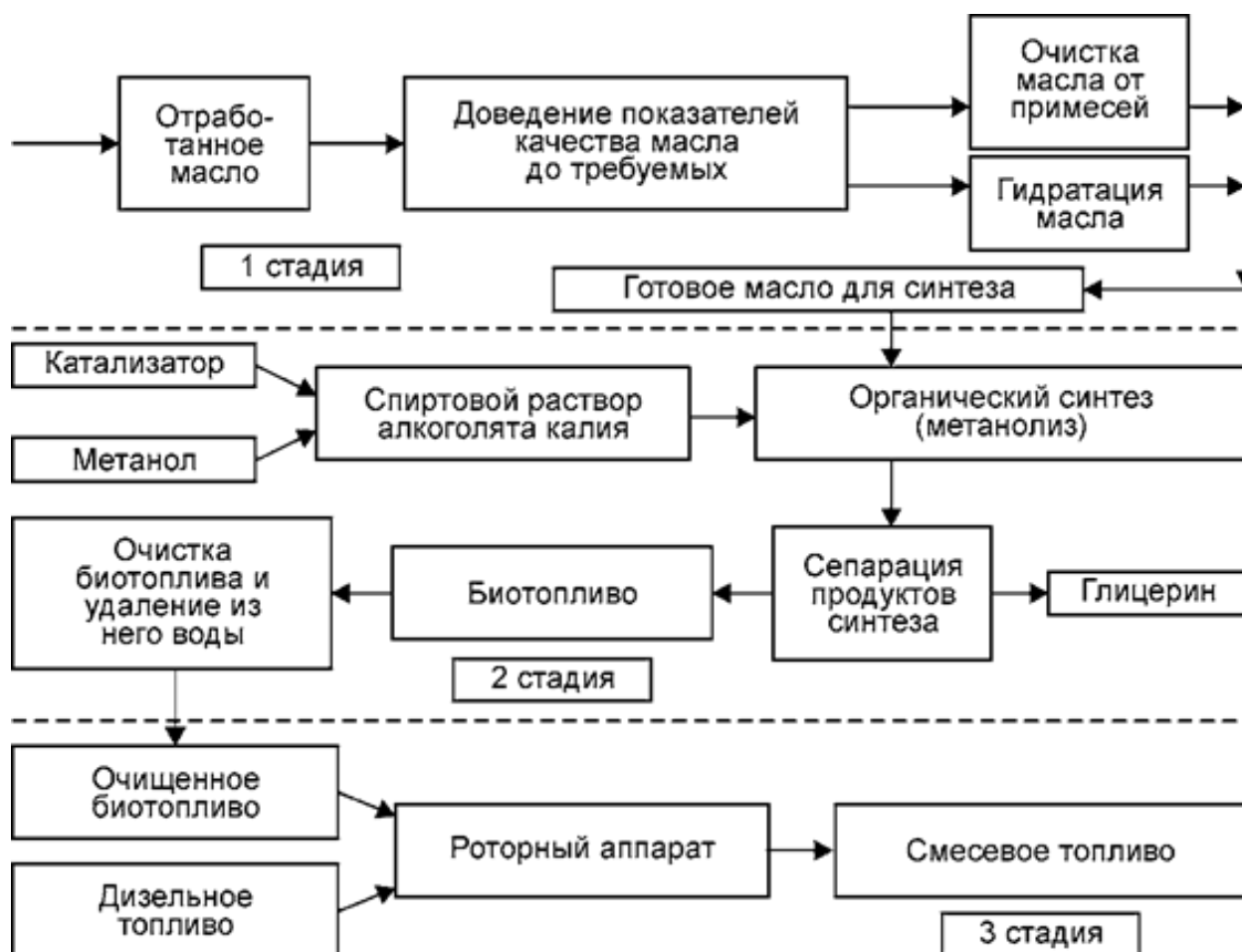


Рисунок 22 - Общая схема получения смесового топлива из отработанных растительных масел.

Блочно-модульный принцип был выбран с целью создания энергоавтономных предприятий с возможностью адаптации к различным уровням расхода моторного топлива. Разработанная технология отличается от традиционных методов заменой механического перемешивания на роторный аппарат, который придает новое качество технологическому процессу. Интенсификация процесса достигается благодаря нелинейным физико-химическим эффектам при синергетическом многофакторном воздействии на сырье, характерным для роторных аппаратов.

В результате многофакторного энергетического воздействия в импульсной форме происходит разрушение связей между отдельными частями молекул, что приводит к изменению структурной вязкости. Это в свою очередь улучшает физико-химические параметры топлива, его эксплуатационные и экологические характеристики.

Существует опытно-промышленная установка для получения биодизельного топлива ОПУ-1-БД (рис. 23).



Рисунок 23 - Опытно-промышленная установка для получения биодизельного топлива ОПУ-1-БД

Установка ОПУ-1-БД предназначена для получения биотоплива из отработанных растительных масел и обладает свойствами, полностью соответствующими требованиям европейских и американских стандартов для топлива, предназначенного для дизельных двигателей. Эта технология предоставляет энергетическую автономию одного или нескольких предприятий, использующих дизельную технику.

*Технология получения биодизельного топлива из отходов переработки растительного масла.*

Процесс получения биодизельного топлива из отходов переработки растительного масла включает гидратацию растительных масел с последующим получением гидратационных осадков. Эти осадки служат исходным материалом для создания фосфатидного концентрата, известного как БАД "Витол" (растительного лецитина). Технология основана на прямой экстракционной очистке растительных фосфолипидов, полученных из семян подсолнечника, при использовании ацетона в качестве растворителя. Разработаны процессы отгонки ацетона от фосфатидного концентрата и масла.

Особенностью технологии является применение азота в качестве греющего и абсорбирующего агента в дистилляторе масляной мисцеллы, что совмещает предварительную и окончательную стадии, а также в конденсаторе для разделения азото-ацетоновой смеси и установке для отгонки растворителя от фосфатидного концентрата. Процесс включает в себя экстракционную, дистилляционную и стадию получения очищенного фосфатидного концентрата.

Полученный продукт может рассматриваться как потенциальное сырье для производства биодизеля через переэтерификацию триглицеридов масла при использовании щелочного катализатора. Процесс проводится при определенных режимных параметрах, что в конечном итоге дает выход эфиров в размере 94%.

В таблице 12 представлена сравнительная характеристика биодизеля, полученного из смеси отстоев масла и соапстоков, дизельного топлива, а также американских и немецких стандартов для биодизеля.

Таблица 12- Сравнительные свойства биодизеля из смеси отстоев масла и соапстоков соевого масла

| Свойства                                             | Биодизель | Дизельное топливо | Стандарт США (ASTM) | Стандарт Германии (DIN) |
|------------------------------------------------------|-----------|-------------------|---------------------|-------------------------|
| Плотность при 15°C, г/см <sup>3</sup>                | 0,89      | 0,83-0,86         | -                   | 0,875-0,900             |
| Кинематическая вязкость при 40°C, мм <sup>2</sup> /с | 5,7       | 3,0-8,0           | 1,9-6,0             | 3,5-5,0                 |
| Точка вспышки, °C                                    | 112       | >55               | >130                | >110                    |
| Теплотворная способность, кДж/г                      | 34,6      | 35,3-36,3         | -                   | -                       |
| Кислотное число, мг КОН/г                            | 0,43      | -                 | <0,80               | <0,50                   |

Установлено, что точка вспышки биодизеля ниже, чем требуется по стандартам Американского общества по испытанию материалов, но все еще выше, чем у дизельного топлива. Добавление небольшого количества биодизеля к дизельному топливу позволяет повысить его точку вспышки, делая

смеси биодизель-дизель более безопасными в хранении по сравнению с чистым дизельным топливом.

Теплотворная способность биодизеля ниже, чем у дизельного топлива. Однако присутствие кислорода в биодизеле способствует полному сгоранию топлива в двигателе. В результате рекомендуется использование биодизеля в смеси с дизельным топливом, что не только повышает безопасность хранения, но также обеспечивает более эффективное сгорание в двигателе.

#### *Производство смазочных материалов*

Отработанные растительные масла предоставляют широкий спектр применения в качестве производных для смазочных масел, пластичных смазок, смазочно-охлаждающих технологических жидкостей, консервационных материалов и присадок к минеральным маслам.

Процесс получения пластичной смазки из отходов производства растительных масел представлен в таблице 13.

Таблица 13 - Технология получения пластичной смазки общего назначения из отходов производства РМ.

| Операция                                                                                         | Оборудование                                          | Материалы, реактивы               | Параметры процесса                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Сбор отходов производства масла.                                                                 | Емкость, насос                                        | Отходы производства               | Естественные для времени года                                                                |
| Очистка от загрязнений: перемешивание с водой, центрифугирование, фильтрование, прогрев 100 л/ч. | Центрифуга, фильтр                                    | Отходы вода                       | Температура +80 °С                                                                           |
| Заполнение реактора отходами производства масла                                                  | Насос, реактор объемом 200 л.                         | Отходы 180 л.                     | Температура 10-40, время 10-15 мин.                                                          |
| Нагрев отходов с одновременным перемешиванием                                                    | Открытый реактор с нагревателем и мешалкой, термометр | Отходы производства масла, 180 л. | Нагрев с перемешиванием до 300 °С, перемешивание в течение 8-12 часов в зависимости от масел |
| Охлаждение полученной смазки                                                                     | Реактор, термометр                                    | Пластичная смазка, 175 л.         | Охлаждение до температуры 80-95 °С, время – 3-6 ч.                                           |
| Перекачка пластичной смазки в тару для хранения                                                  | Насос, тара для хранения                              | То же                             | Горячая смазка 80-95 °С, время 20-30 мин.                                                    |
| Охлаждение и хранение                                                                            | Тара для хранения                                     | --                                | Условия естественные, время 1-4 часа                                                         |

Характеристики пластичного продукта, полученного из отходов производства рапсового масла, сравнимы с пластичной смазкой общего назначения, такой как солидол.

Композиции на основе растительных масел отличаются хорошими вязкостно-температурными характеристиками, однако их стабильность снижается из-за невысокой антиокислительной и гидролитической устойчивости по сравнению с нефтяными маслами.

Принципиальная схема технологии получения технических смазок из растительного сырья приведена на рисунке 24.

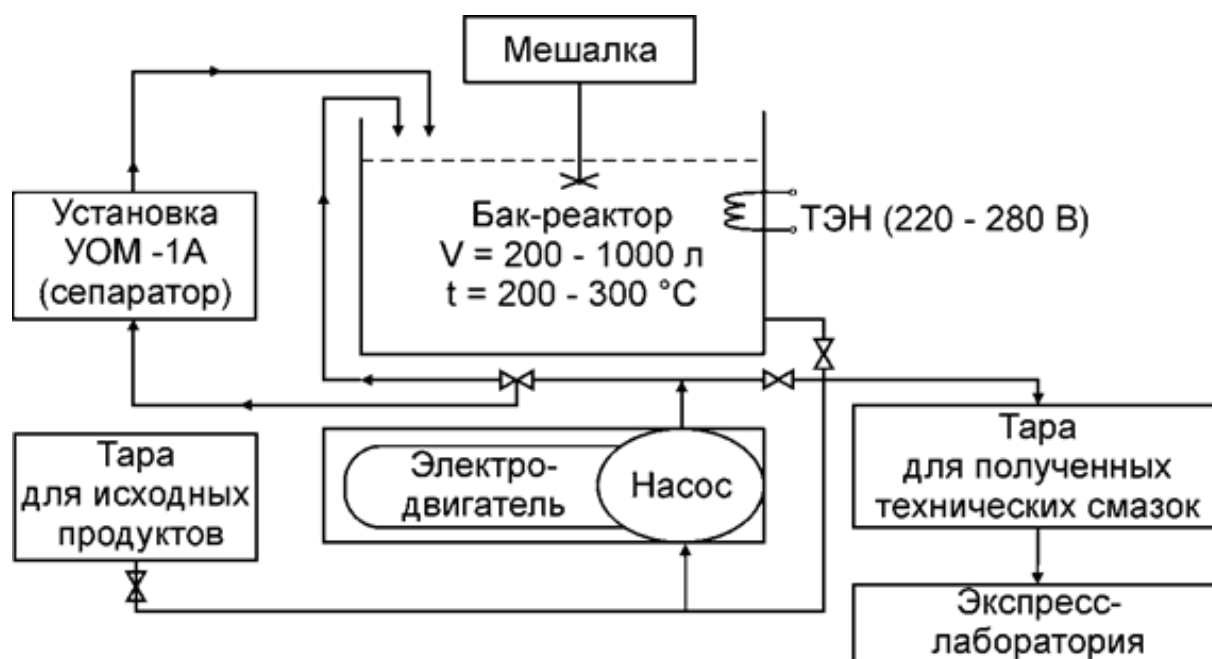


Рисунок 24 - Принципиальная схема технологии получения смазок

В отличие от нефтяных масел композиции на основе растительных масел обладают хорошими вязкостно-температурными характеристиками, однако менее стабильны вследствие невысокой антиокислительной и гидролитической устойчивости.

Смесь растительного масла с жировыми гудронами и дистиллированными жирными кислотами находит применение в технических смазках. Процесс нагрева подобных отходов при температуре  $300^{\circ}\text{C}$  при наличии воздуха приводит к образованию вязких продуктов, которые могут использоваться в качестве добавок для улучшения вязкости и защиты от износа, а также как база для создания аналогов пластичных смазок и трансмиссионных масел.

## 5 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПИВОВАРЕННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В ходе переработки сырья в процессе изготовления пива возникают различные побочные продукты, такие как пивная дробина, отходы от полировки и аспирации, остаточные пивные дрожжи, диоксид углерода, хмелевая дробина, белковый осадок, фильтрационные осадки, дезинфицирующий раствор бутылкомоечной машины, замочные воды и сточные воды. В процессе производства солода образуются сплав зерна, зерновые отходы и солодовые ростки. Все эти отходы пивоваренного производства являются продуктами растительного или биологического происхождения.

По состоянию вещества более 70% отходов пивоваренного производства представляют собой жидкие вещества (пивная дробина находится в кашицеобразной форме, но сохраняет жидкую консистенцию). К твердым отходам относятся зерновые остатки, солодовые ростки и другие подобные компоненты. С точки зрения воздействия на окружающую среду все сырьевые отходы считаются безопасными, а с точки зрения материалоемкости - малотоннажными, за исключением пивной дробины.

Большинство отходов полностью используются, считая их полезными. Некоторые из них, такие как диоксид углерода и хмелевая дробина, используются лишь частично, не превышая 50% их общего объема.

На схеме производства пива, представленной на рисунке 25, показан весь цикл производства с выходом всех отходов.

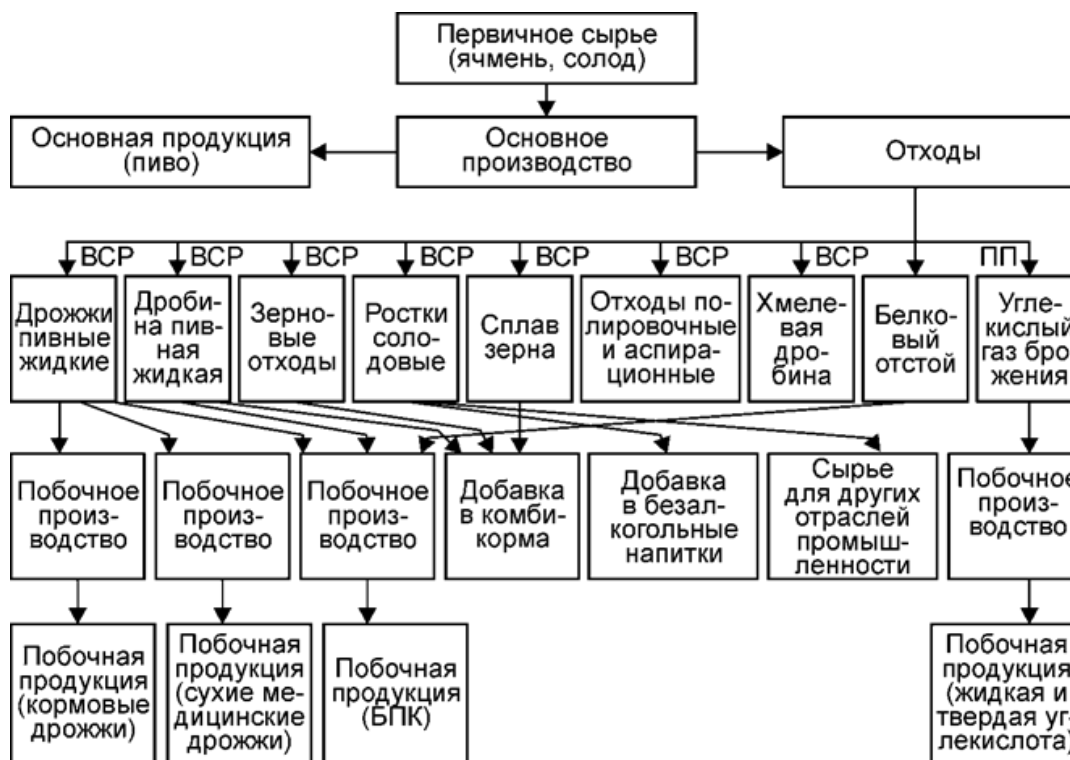


Рисунок 25 - Схема образования ВСР и отходов в пивоваренной отрасли

Все отходы, возникающие при пивоваренном производстве, находят широкое применение в пищевой, кормовой, технической (медицинской) сферах, а также как субстрат в производстве ферментов.

Особую значимость играют пивные дрожжи в поддержании нормальной работы нервной системы и обмена веществ в организме человека. Содержащиеся в них до 50% полноценного белка, а также жиры, гликоген, минеральные вещества (кальций, фосфор) и микроэлементы (медь, кобальт, никель, цинк) делают дрожжи богатыми и полезными. Витамины группы В, витамин Е, провитамин D, лецитин, холин и глутатион также входят в их состав.

Пивная дробина, солодовые ростки, белковый отстой и другие отходы обладают высокой питательной ценностью и легкоусвояемыми компонентами, что делает их незаменимыми в производстве кормов. Особенно широко используется пивная дробина, которая, даже в сыром виде без дополнительной обработки, применяется в рационах для птицы и домашних животных в качестве высокобелкового корма, способствующего увеличению лактации.

Влажная пивная дробина находит применение в кормлении скота мясных пород, однако не рекомендуется для откорма быков-производителей. После специальной обработки она успешно используется в рационах для кроликов, пушных зверей и собак.

### ***Технологии переработки ВСР и отходов***

В сфере пивоваренной промышленности выделяют несколько ключевых методов переработки вторичных сырьевых ресурсов (ВСР) и отходов, придерживаясь приоритетных направлений. Одним из таких направлений является комплексная переработка ВСР с целью создания кормовых продуктов, использование биотехнологических методов для превращения отходов в автолизаты и гидролизаты, производство кормовых дрожжей, а также исследование и совершенствование технологических процессов для получения продуктов пищевого назначения.

Одним из основных направлений в переработке ВСР является производство кормовых дрожжей. Большинство кормов, используемых в животноводстве, часто не обеспечивают достаточное количество белка и витаминов. Даже корма с высоким содержанием углеводов, такие как кукуруза и сахарная свекла, не содержат достаточного количества азотистых веществ. Кормовые дрожжи, благодаря своему высокому содержанию белка и витаминов, могут быть ценным источником азота в составе кормосмесей.

Технология производства кормовых дрожжей из ВСР пивоваренного производства включает в себя этапы сбраживания и гидролиза пивной дробы под воздействием серной кислоты. Полученные гидролизаты подвергают нейтрализации и используются в качестве субстрата для разведения штаммов кормовых дрожжей.

Существуют эффективные методы по преобразованию жидкой пивной дробы и послеспиртовой барды в сухую кормовую добавку для

сельскохозяйственных животных. Процесс технологии включает несколько этапов.

Сначала жидкое сырье, такое как дробина или барда, поступает в емкость-накопитель, откуда направляется на сепаратор. На этом этапе осуществляется отжим жидкости. Сепаратор представляет собой шнековый пресс с использованием шнека, который эффективно выдавливает из материала всю свободную воду и значительную часть связанной.

После сепарации твердая фракция направляется на сушку и гранулирование. Процесс сушки отжатой дробины или барды проводится при щадящем температурном режиме, где температура теплоносителя (теплый воздух) не превышает 80°C. Это предотвращает деструкцию белка и сохраняет биологическую активность конечного продукта. Гранулирование происходит без использования пара и воды[22].

Технологическая схема процесса представлена на рисунке 26.

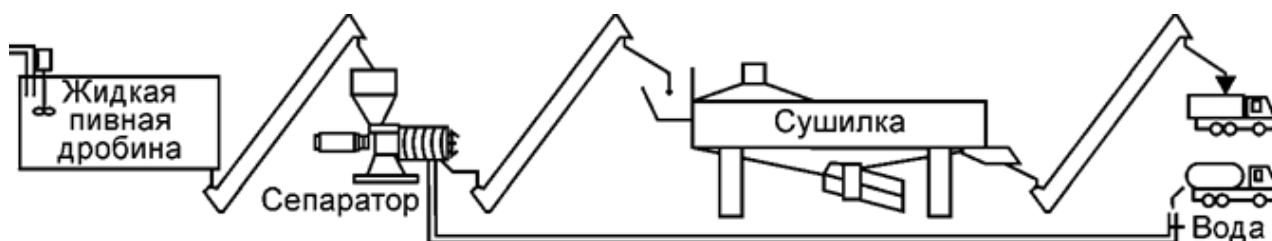


Рисунок 26 - Технологическая схема переработки пивной дробины/спиртовой барды.

Полученный конечный продукт - сухой кормовой порошок, может использоваться как самостоятельно, так и в процессе создания углеводно-белкового концентрата (УБК) с использованием метода микробиологической биоконверсии.

Для повышения эффективности использования отходов пивоваренной отрасли предлагается способ их обогащения белком путем смешивания с другими отходами производства. Этот метод позволяет удовлетворить потребности животных в белке без необходимости применения дополнительных азотсодержащих добавок.

Для производства белково-кормового продукта используются следующие вторичные сырьевые ресурсы (ВСР) с указанием их содержания в процентном отношении на сухое вещество: дробина пивная – 80,0; дрожжи пивные – 5,5; белковый отстой – 6,5; полировочные и аспирационные отходы – 8,0.

Технологическая схема включает несколько этапов, таких как разделение и обезвоживание, обработку пивной дробины, добавление других отходов и добавок, выпаривание фильтрата, сушку твердой фазы, гранулирование готового кормового продукта, и его упаковку. Схема производства кормовых продуктов из отходов пивоваренного производства представлена на рисунке 27.

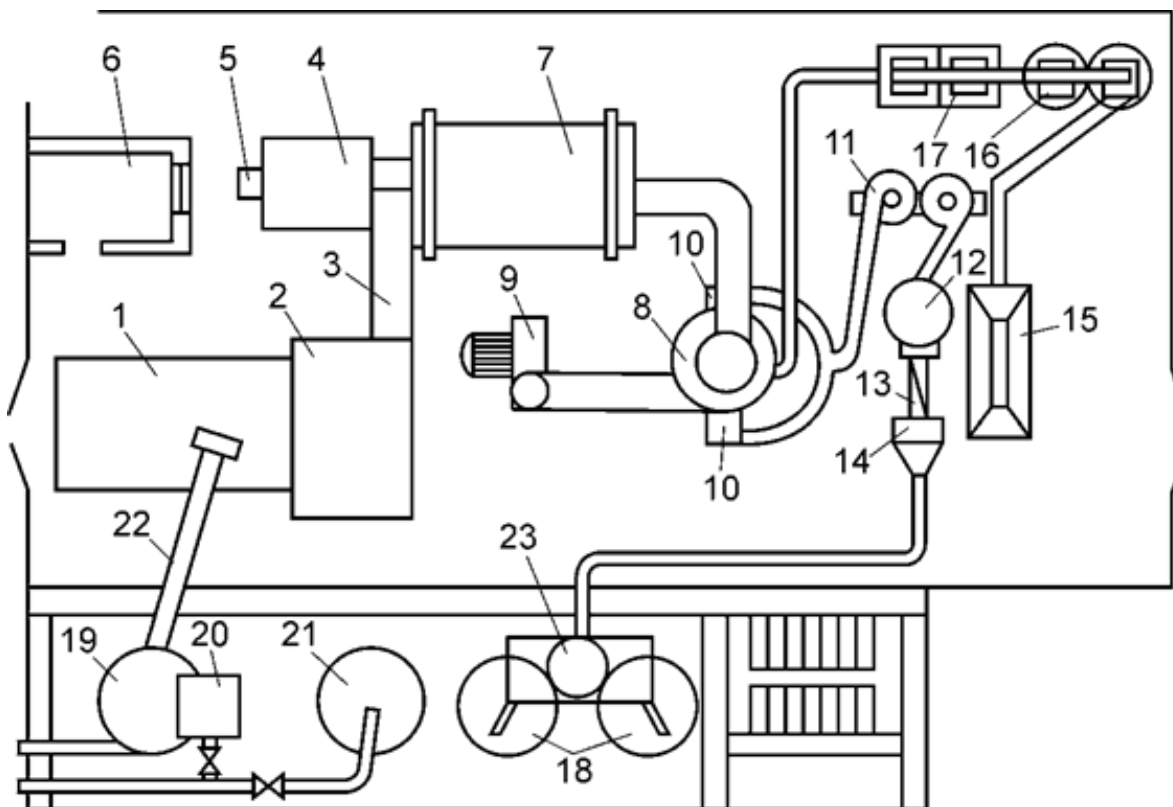


Рисунок 27 - Аппаратурно-технологическая схема производства кормовых продуктов:

1 – лоток питателя; 2 – питатель-дозатор влажных компонентов; 3 – наклонный транспортер; 4 – теплогенератор; 5 – газомазутная горелка; 6 – кабина оператора; 7 – сушильный барабан; 8 – большой циклон со шлюзовым затвором; 9 – главный вентилятор; 10 – дробилка молотковая; 11 – малый циклон с мешкователем; 12 – гранулятор; 13 – нория; 14 – колонка охлаждения; 15 – бункер-дозатор сухих компонентов; 16 – приемный бункер сухих компонентов; 17 – бункер-дозатор минеральных добавок; 18 – бункер-накопитель готовой продукции; 19 – бункер-накопитель дробины обезвоженной; 20 – пульпо-ловушка; 21 – резервный чан жидкой дробины; 22 – шнек подачи дробины; 23 – весовое устройство

Полученный кормовой продукт, содержащий до 90% сухого вещества, включая сырой протеин в диапазоне 19-22%, обладает кормовой ценностью в размере 0,76 кормовой единицы. Внедрение этой технологии предоставляет возможность ежедневно получать не менее 2 тонн сухого корма с использованием одной сушильной установки на пивоваренном заводе с годовой мощностью в 3,5 миллиона дал пива.

На основе пивной дробы была разработана комплексная кормовая добавка "Пробиоцел" для поросят, бройлеров и кур-несушек. Процесс приготовления этой добавки включает в себя смешивание пивной дробы с отрубями и последующую ферментацию с использованием специально выделенных микроорганизмов, таких как *Bacillus subtilis*. Бактерии частично разлагают клетчатку до легкоусваиваемых сахаров, а затем смесь обогащают микроэлементами. Полученную массу подвергают сушке, и в таком виде она может храниться не менее года. Исследования показали, что при включении

данной кормовой добавки в рацион поросят, животные болеют реже, и при этом набирают массу быстрее на 16%, чем животные из контрольной группы.

Данная технология представляет собой инновационный способ переработки отходов пивоваренной промышленности и добывающих отраслей для технических целей. В результате применения этой технологии получают органо-минеральные удобрения. Отходы, используемые в процессе, включают остаточные пивные дрожжи, кизельгуровые фильтрационные остатки, а также природные цеолиты, фосфогипс и технические препараты, содержащие мел и калий минерального происхождения.

Пивные дрожжи и кизельгуровые фильтрационные осадки представляют собой ценные ресурсы для улучшения почвенного состояния и стимулирования роста растений. Эти материалы обладают высоким содержанием фосфора, азота, калия, а также микро- и макроэлементов, что делает их эффективными удобрениями.

Пивные дрожжи и кизельгуровые фильтрационные осадки играют важную роль в поддержании свойств почвы, таких как развитие микрофлоры, дыхательные процессы, а также биогеохимические циклы углерода и зольных элементов. Кизельгуровые фильтрационные осадки способствуют разрыхлению почвы, увеличивают объем пор, улучшают микробиологическое действие почвы, удерживают влагу и питательные вещества, а также регулируют уровень pH почвы.

Отходы от добывающих отраслей, используемые в удобрении, обогащают почву макро- и микроэлементами, снижают кислотность почвы, служат терморегуляторами, предотвращают заболевания корней растений, улучшают физические свойства почвы и стимулируют процессы образования гумуса.

Испытания органо-минерального удобрения подтвердили целесообразность разработки данного направления, предоставляя экологически безопасные, доступные и экономически эффективные средства для улучшения плодородия почвы на основе отходов пищевых и добывающих производств[23].

## **6 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ СПИРТОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В процессе получения этилового спирта для пищевой промышленности образуются следующие отходы: барда (зернокартофельная, меласная), углекислый газ, отработанные дрожжи – сахаромицеты. К побочным продуктам производства относятся фракция головного этилового спирта и сивушное масло.

При комплексной переработке сырья на основе послеспиртовой барды получают кормовые дрожжи трех видов: сухие кормовые (из грубого фильтрата барды (СКД), жидкие кормовые и сухие кормовые с использованием всей «цельной» барды (ЖКДЦ и СКДЦ).

При производстве кормовых дрожжей из грубого фильтрата зернокартофельной барды образуется отход – последрожжевая барда (вторичная). Аналогично при производстве кормовых дрожжей из меласной барды образуется последрожжевая меласная барда.

Все отходы и побочные продукты отрасли относятся к вторичным сырьевым ресурсам.

По агрегатному состоянию большинство ВСП и побочных продуктов спиртового производства – жидкие; к твердым относятся дрожжи-сахаромицеты; к газообразным – углекислота брожения.

По степени воздействия на окружающую среду безвредными считаются барда послеспиртовая и последрожжевая зернокартофельная, углекислота брожения, дрожжи-сахаромицеты; к вредным относятся барда послеспиртовая и последрожжевая меласная, фракция головная этилового спирта, сивушное масло.

По степени использования ВСП делятся на полностью используемые и используемые частично. К первым относятся барда послеспиртовая зернокартофельная, дрожжи-сахаромицеты, фракция головная этилового спирта, сивушное масло. Частично используются барда послеспиртовая меласная, последрожжевая (зернокартофельная и меласная), углекислота брожения[24].

На рисунках 28, 29 представлены схемы производства спирта из зернокартофельного сырья и из мелассы с выходом всех отходов производственного цикла.



Рисунок 28- Схема образования ВСР и отходов при производстве спирта из зернокартофельного сырья.

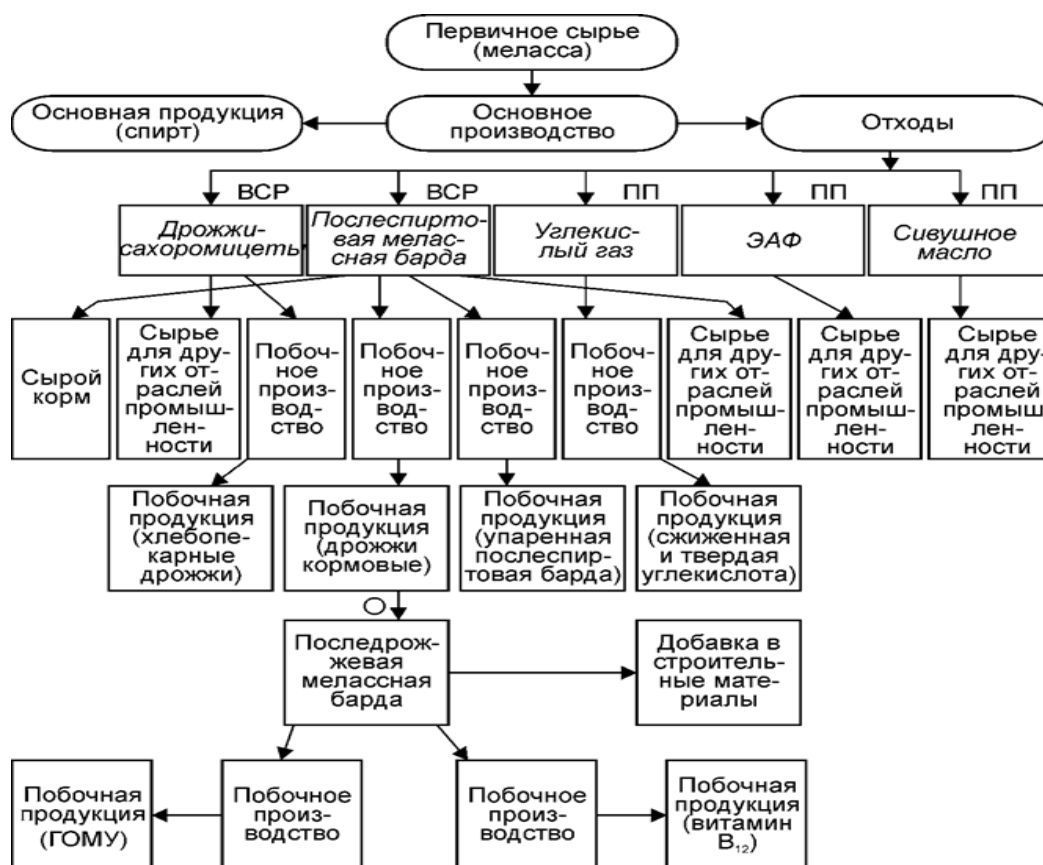


Рисунок 29 - Схема образования ВСР и отходов при производстве спирта из мелассы.

Выход продукции из барды зависит от крепости сырца, степени разведения при очистке бродильных емкостей, силы отгоняемого спирта и объема конденсированного пара, применяемого при перегонке.

Средний выход зерновой барды составляет 141,5-143 т на 1000 далей спирта, а картофельной - 158-159 т на 1000 далей спирта.

При производстве сухих кормовых дрожжей (СКД) из грубого фильтрата барды образуется вторичная барда в объеме 70-80% от первоначальной.

Выход СКД при переработке зерновой барды составляет 3500 кг на 1000 далей спирта, а при переработке картофельной барды - 1700 кг. Выход жидких кормовых дрожжей (ЖКД) составляет 140-150 т на 1000 далей спирта.

Теоретический выход углекислого газа составляет 95,5% от массы спирта или 7530 кг на 1000 далей произведенного спирта. Выход головной фракции этилового спирта составляет 2-6% от сырого спирта. Выход сивушного масла зависит от типа и качества сырья, видов используемых дрожжей, условий брожения и чистоты спирта и составляет 0,3-0,4% от сырого спирта или 20-27 кг сивушного масла на 1000 далей сырого спирта. Основное применение отходов производства спирта - в кормлении. [25;26].

Основное направление использования отходов спиртового производства – кормовое.

Химический состав спиртовой барды позволяет рассматривать ее как ценный источник питательных веществ в современном животноводстве(табл. 14).

Таблица 14 - Химический состав спиртовой барды.

| Показатель                          | Зерновая барда | Картофельная барда |
|-------------------------------------|----------------|--------------------|
| Сухие вещества, %                   | 6,7-8,4        | 3,0-4,0            |
| В том числе:                        |                |                    |
| сырой протеин                       | 1,8-2,2        | 0,6-0,8            |
| клетчатка                           | 0,9-1,7        | 0,3-0,4            |
| зола                                | 0,6-0,7        | 0,4-0,5            |
| безазотистые экстрактивные вещества | 3,4-3,8        | 1,7-2,3            |

Мелассную барду, побочный продукт производства сахара из сахарной свеклы или тростника, используют не только в качестве сырья для выращивания кормовых дрожжей. Из нее также получают: - кормовой витамин В12, необходимый для здоровья животных и птиц; - глицерин, используемый в фармацевтической, косметической и пищевой промышленности, а также в производстве взрывчатых веществ; - бетаин, вещество, обладающее липотропным действием и применяемое в качестве пищевой добавки для животных и птиц.

Кроме того, из мелассной барды путем выделения дрожжей из зрелой бражки производят хлебопекарные дрожжи, используемые в хлебопекарной и кондитерской промышленности.

Технология производства хлебопекарных дрожжей включает в себя следующие этапы: выделение дрожжей из зрелой мелассной бражки, промывка водой и получение дрожжевого концентрата, прессование, формование, упаковка и хранение.

Сивушное масло, побочный продукт производства спирта, также находит применение в различных отраслях промышленности. Из него получают чистые высшие спирты, используемые в химической, медицинской и других отраслях промышленности.

На их основе производят медицинские препараты, душистые вещества, растворители в лакокрасочной промышленности, а также экстрагенты, флотаргенты и поверхностно-активные вещества.

Головная фракция, еще один побочный продукт производства спирта, используется для получения пищевого этилового спирта, а также для производства технического и денатурированного спиртов.

Углекислый газ брожения и последрожжевая барда, являющиеся малоиспользуемыми видами отходов спиртового производства, также находят применение: - жидкую углекислоту используют в пищевой промышленности для хранения овощей, мяса, приготовления газированных напитков и др.; - в технике жидкая углекислота используется в производстве стального, чугуна, литья, при электросварке, механической обработке металлов, добыче нефти и др.[27].

### ***Технологии переработки ВСП и отходов***

Переработка отходов пищевой промышленности, в том числе послеспиртовой барды (ВСП), является важной задачей для обеспечения экологической безопасности и рационального использования ресурсов. Существующие технологии переработки ВСП на кормовые цели включают несколько этапов.

Начальным этапом является центрифугирование или сепарирование барды для разделения на фракции: взвешенные крупные частицы зерна (дробину) и грубый фильтрат (фугат). Центрифугирование позволяет улавливать только половину сухих веществ (4-6%). Для дальнейшего разделения используются флокулянты, которые помогают осадить мелкие частицы взвеси. В результате центрифугирования из 120 тонн барды получается 20-25 тонн дробины влажностью 75% и 100 тонн фугата, содержащего оставшиеся 4-6% ценного растворимого белка.

Полученную дробину высушивают с помощью различных сушильных установок, таких как дисково-трубчатые, барабанные, ленточные и пневматические. В результате сушки получают 5 тонн сухой барды с протеином 26-28%. Сухая барда является ценным кормовым сырьем для сельскохозяйственных животных.

Фугат, полученный после центрифугирования, может быть утилизирован несколькими способами. Один из способов - слив на поля фильтрации. Однако этот метод не является экологически безопасным, поскольку фугат содержит большое количество органических веществ, которые могут загрязнять почву и

воду. Другой способ утилизации фугата - концентрация до 70% с помощью выпарных установок. В результате выпаривания образуется чистая вода в виде пара (4 части) и концентрированный фугат (кисель) 1 часть, приблизительно 20 тонн от 100 тонн фугата. Концентрированный фугат можно смешивать с дробинкой и одновременно сушить. Однако фугат является очень вязкой смесью и его нельзя высушить до 14% влажности ни на одной из сушилок.

В этой связи перспективна замена выпарных технологий для концентрации фугата мембранными. Мембранные технологии позволяют очистить фильтрат с 40 до 3 мг/л загрязняющих веществ. Очищенную воду можно вторично использовать, либо без экологического ущерба сливать в канализацию. Мембранные установки позволяют обойтись расходом электроэнергии в 20 кВт\*ч вместо 2000 кВт\*ч, затрачиваемых на выпарных установках. Однако это дорогостоящее оборудование, применение которого должно быть экономически обоснованно.

При этом не решается вопрос сушки полученного концентрированного фугата. Одним из перспективных направлений является использование биологических методов для переработки фугата. Например, можно использовать микроорганизмы, способные перерабатывать органические вещества фугата в ценные продукты, такие как биогаз, белок или органические кислоты.

В целом, переработка ВСР является сложной и многоэтапной задачей. Существующие технологии позволяют получать ценные кормовые продукты, такие как сухая барда, и очищать сточные воды от органических загрязнений. Однако есть еще ряд проблем, которые требуют решения, таких как сушка концентрированного фугата и снижение стоимости мембранных установок. [28].

*Технология сушки свежей спиртовой барды без разделения на фракции и их концентрации с помощью сушильных машин серии «Циклон».*

Сушильные машины серии «Циклон» способны сушить как свежую 95%-ную барду, так и отжатую 75%-ную. Полученное вторичное сырье обладает высокими качественными характеристиками и может быть использовано для обогащения недорогих кормов. После сушки получается продукт, богатый концентрированным белком и витаминами.

Один из методов использования спиртовой барды заключается в выращивании на ней кормовых дрожжей. Кормовые дрожжи, произведенные на спиртовых заводах, содержат до 43-54% протеина на сухом веществе, и их переваримость достигает 83-85%. Это значительно выше, чем переваримость протеина в натуральной барде, которая не превышает 50-55%. Увеличение усвояемого протеина происходит в процессе синтеза дрожжевых клеток.

Технология переработки зерновой и картофельной барды в высокобелковые кормовые продукты может осуществляться несколькими способами, включая получение сухих кормовых дрожжей из грубого фильтрата барды (СКД), производство жидких кормовых дрожжей из цельной барды (ЖКДЦ) и сухих кормовых дрожжей из цельной барды (СКДЦ). При получении

СКД в качестве питательной среды используют грубый фильтрат барды, в результате чего наряду с сухими дрожжами образуется вторичная барда, которая так же, как и натуральная, является кормом.

Схема производства сухих кормовых дрожжей (СКД) из зерновой барды представлена на рисунок 30.

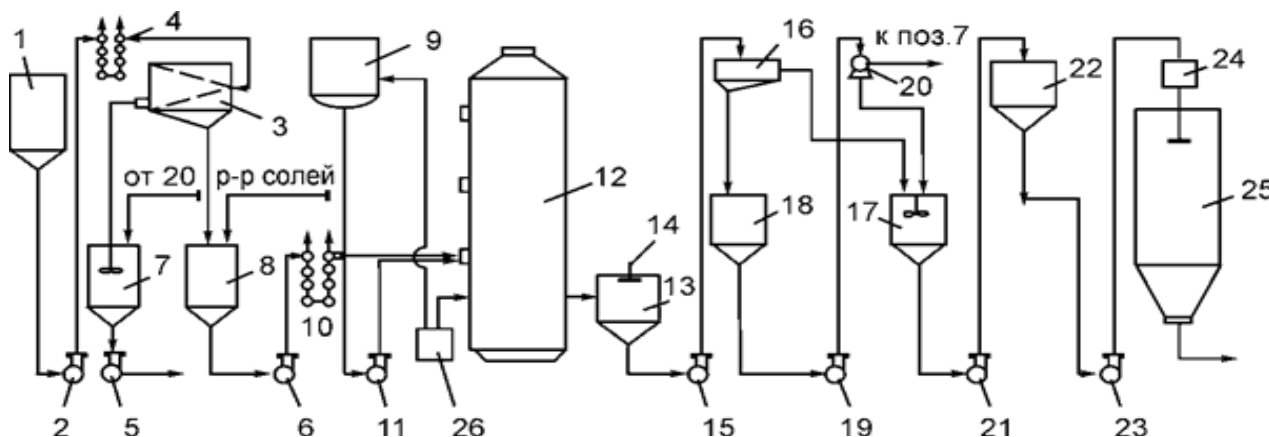


Рисунок 30- Схема производства сухих кормовых дрожжей (СКД) из зерновой барды:

1 – сборник; 2, 5, 6, 11, 15, 19, 21, 23 – насосы; 3 – барабанное сито; 4, 10 – теплообменники; 7 – сборник вторичной барды; 8 – сборник питательной среды; 9 – аппараты чистой культуры (АЧК); 12 – дрожжерастильный аппарат; 13 – деэмульгатор; 14 – механический пеногаситель; 16 – вибросито; 17 – сборник дрожжевого концентрата; 18 – сборник дрожжевой суспензии; 20 – сепаратор; 22 – термолизатор; 24 – сборник; 25 – распылительная сушилка; 26 – турбовоздуходувка

Согласно технологии, спиртовую барду из аппаратного отделения спиртового производства направляют в сборник. Затем она проходит через теплообменник и поступает на барабанное сито, а затем в сборник вторичной барды. Грубый фильтрат направляется в сборник питательной среды. В сборнике вторичной барды дробина смешивается с фугатом от сепараторов для получения вторичной барды, которая затем откачивается на кормораздаточный пункт.

Питательную среду готовят в сборнике питательной среды, добавляя раствор солей сульфата аммония или карбамида, а также диаммоний фосфата. Эту подготовленную питательную среду направляют в дрожжерастильный аппарат.

Воздух для аэрации среды в дрожжерастильный аппарат и аппараты чистой культуры подается турбовоздуходувкой. Готовую засевную культуру дрожжей из аппаратов чистой культуры периодически подают в дрожжерастильный аппарат. Пенно-жидкостная дрожжевая суспензия из дрожжерастильного аппарата поступает в деэмульгатор, где ее разрушают механически или, при необходимости, химически.

Дрожжевая суспензия из деэмульгатора направляется на вибросито. Дробина и фильтрат поступают соответственно в сборник дрожжевого

концентрата и сборник дрожжевой суспензии, а затем на дрожжевые сепараторы. Фугат с сепараторов направляют в сборник вторичной барды.

Дрожжевой концентрат собирают в сборнике дрожжевого концентрата, где он смешивается с дробинкой. Затем смесь подается в термолизатор и выдерживается при температуре 75°C в течение 45 минут. После этого дрожжевой концентрат направляется на распылительную сушилку для высушивания. [29].

Сухой продукт упаковывается и отправляется на склад готовой продукции. Также перспективны биотехнологические методы создания белкового кормового продукта из спиртовой барды с высоким содержанием протеина, а также способы биологической утилизации концентрированных сточных вод перед их сбросом в общий поток предприятия.

## **7 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ КРАХМАЛОПАТОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

В индустрии крахмалопроизводства через химическую обработку исходного материала (картофель, кукуруза, соя, пшеница и другие) получают разнообразные продукты, такие как крахмал, патоку, глюкозу, декстрин, модифицированные крахмалы, экструзионные продукты из крахмала, продукты для детского питания и мальтозную патоку.

В производстве картофельного крахмала сырьем являются картофельная масса и сок, в производстве кукурузного крахмала - экстракт, кукурузная масса, глютен, зародыш кукурузы, кукурузные хлопья, в производстве глюкозы и патоки - фильтрованный осадок, а в производстве мальтозы - мальтозный осадок.

Отходы и побочные продукты крахмалопроизводства классифицируются следующим образом:

- по источникам происхождения - в зависимости от растительного сырья, которое подвергается переработке (картофель и злаки, такие как кукуруза, рожь, пшеница, ячмень, горох);

- по отраслевой принадлежности - отходы от производства картофельного крахмала (картофельная масса и сок), кукурузного крахмала (кукурузные хлопья, экстракт, масса, глютен и зародыш), паточного производства (фильтрованный осадок, мальтозный осадок);

- по агрегатному состоянию - твердые отходы (картофельная и кукурузная масса, кукурузный зародыш, хлопья, стержни кукурузных початков, фильтрованный осадок, мальтозный осадок), жидкие отходы (картофельный сок, кукурузный экстракт, глютен, жиробелковые суспензии);

- по этапам технологического процесса - отходы, полученные в результате первичной обработки сырья (картофельная масса и сок, кукурузные хлопья, масса, экстракт, глютен, зародыш), на стадии вторичной обработки сырья (побочные продукты паточного производства - фильтрованный осадок, мальтозный осадок), при промышленной переработке отходов (кукурузный осадок, получаемый при переработке кукурузного зародыша на масло);

- по степени использования - полностью используемые (картофельная масса, кукурузная масса, хлопья, экстракт, глютен, зародыш, мальтозный осадок), частично используемые (картофельный сок, фильтрованный осадок);

- по последующему использованию - для производства пищевых продуктов путем промышленной переработки (картофельная масса и сок, кукурузные хлопья, глютен, зародыш), в качестве сырья для производства технических продуктов (картофельная масса и сок, кукурузная дробленка, экстракт), в качестве корма (картофельная масса и сок, кукурузная дробленка, масса, экстракт, глютен, зародыш, фильтрованный осадок, мальтозный осадок), в качестве удобрений (картофельный сок) [49].

На рисунках 31, 32 представлены схемы образования ВСР и отходов в крахмалопаточной промышленности.



Рисунок 31 - Схема образования ВСП и отходов в крахмалопаточной промышленности (картофелекрахмальное производство)

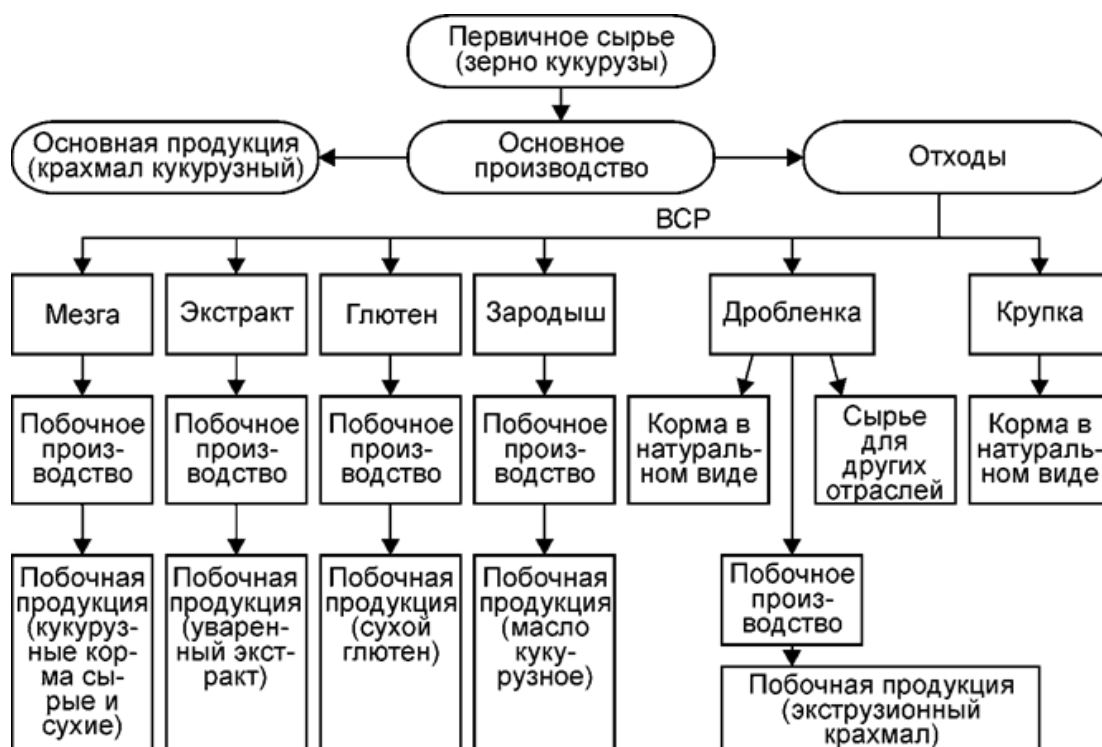


Рисунок 32 - Схема образования ВСП и отходов в крахмалопаточной промышленности (кукурузокрахмальное производство)

Основными отходами картофелекрахмального производства являются картофельная мезга и картофельный сок. В таблице 15 представлен химический состав картофельной мезги и сока.

Таблица 15 - Химический состав картофельной мезги, картофельного сока

| Вещество             | Содержание, к массе сухих веществ, % |                  |
|----------------------|--------------------------------------|------------------|
|                      | картофельная мезга                   | картофельный сок |
| Крахмал              | 50                                   | 10               |
| Клетчатка            | 25                                   | -                |
| Растворимые углеводы | 2,5                                  | 20,0             |
| Минеральные вещества | 6,2                                  | 14,5             |
| Сырой протеин        | 6,0                                  | 38,5             |
| Прочие вещества      | 10,3                                 | 17,0             |

Картофельная мезга и картофельный сок часто используются в качестве корма. Кормовая ценность 1 кг абсолютно сухого вещества мезги составляет 1,1 кормовой единицы, а картофельного сока также 1,1 кормовой единицы.

При переработке картофеля образуется большое количество сточных вод, особенно в процессе отмывки зерен крахмала. Крахмал смывается водой из разрезанного картофеля, а затем отделяется от него.

Сточные воды, содержащие белки, углеводы и минеральные вещества, могут быть направлены на дальнейшую переработку в белки, которые могут использоваться в пищу для людей и животных, а также для производства кормов с высоким содержанием сухих веществ (до 60%) для крупного рогатого скота. Кроме того, они могут быть использованы в целлюлозной промышленности в качестве сырья.

Очищенный пермеат возвращается в процесс для повторного использования, создавая замкнутый цикл. Сгущение сока может увеличить выход белков. Из воды, из которой удалены белки с помощью ионного обмена, можно получить аскорбиновую кислоту, органические кислоты, аминокислоты, калий и фосфаты.

Сочетание процессов получения белков и очистки сточных вод является экономически выгодным. Например, завод, перерабатывающий 31 тонну ломтиков картофеля в день, получает 550 кг осадка, который можно использовать в кормлении животных, и содержащий до 170 кг высокопитательных белков.

При производстве кукурузного крахмала также образуется несколько побочных продуктов: кукурузный экстракт, кукурузный зародыш, кукурузная мезга, глютен и дробленка. Выход сухих веществ из кукурузного экстракта зависит от качества и типа зерна, а также от используемой технологии переработки.

Обычно он составляет от 5% до 7,5% от массы абсолютно сухой и чистой кукурузы. Кукурузный экстракт содержит основные сахара, такие как мальтоза, глюкоза и ксилоза. Он находит применение в медицинской, дрожжевой и витаминной промышленности, где используется в сгущенном виде с содержанием 48% сухих веществ.

Сырой кукурузный зародыш используется в сырых кормах на неспециализированных предприятиях, в то время как на специализированных предприятиях его сушат и используют в других продуктах.

### ***Технологии переработки ВСП и отходов***

В отрасли крахмалопроизводства основные стратегии использования вторичных ресурсов и отходов включают: производство кормовых и пищевых продуктов, включая белковые соединения, из переработанных сырьевых компонентов (картофельной мезги и сока); разработку комплексных методов производства крахмала и продуктов из картофеля с циклическим использованием образующихся вторичных ресурсов; улучшение процесса получения сухого глютенa.

В мировой и отечественной практике используются различные методы обработки вторичных ресурсов от картофелекрахмального производства, включая термические, криогенные и мембранные технологии.

По технологической схеме сырой картофель растирают на терке с добавлением воды в объеме 10-15% по необходимости. Для разбавления используется вода из станции обезвоживания мезги. Полученную кашу подают на центрифуги для выделения картофельного сока. Затем картофельный сок подвергается термической обработке в коагуляторе при температуре 80-90°C без интенсивного перемешивания.

Скоагулированный картофельный белок отделяют и подвергают вторичной тепловой обработке под давлением, охлаждают и направляют на фильтрующую центрифугу для окончательного обезвоживания и получения обезвоженного осадка с не менее чем 20% сухого вещества. Обработанный белок смешивают с обезвоженной мезгой и сушат на сушилках. После сушки сухой белковый корм измельчают и упаковывают.

Схема двухстадийной термической коагуляции картофельного сока представлена на рисунке 33.

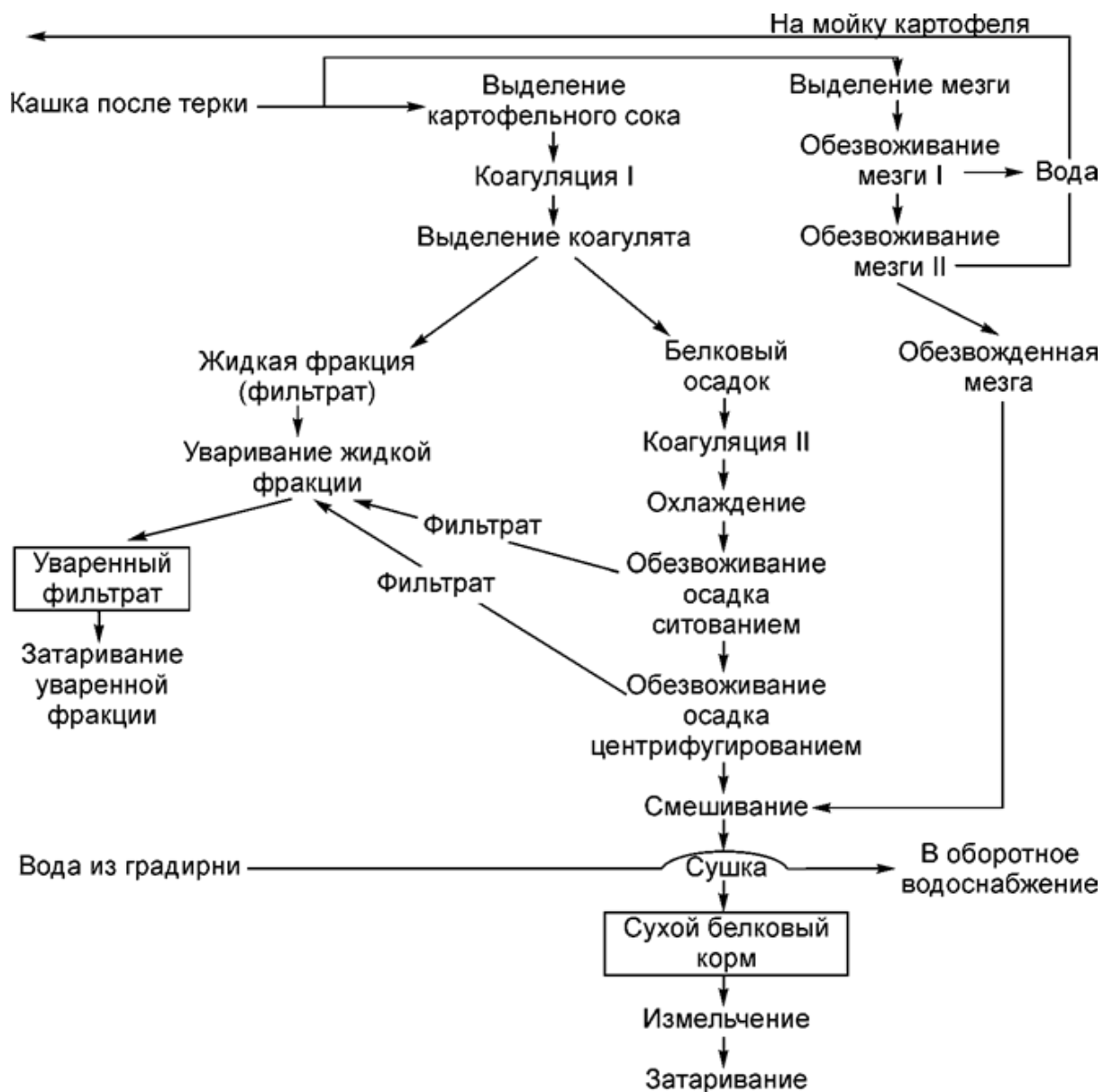


Рисунок 33 - Технологическая схема двухстадийной термической коагуляции картофельного сока

Фильтрат, полученный после процесса фильтрации, подвергается нагреву и уваривается до того момента, когда его содержание сухих веществ достигает 50%. Этот уваренный фильтрат может быть затарен в цистерны для хранения или использован немедленно в качестве добавки к кормам. Также возможна отдельная реализация сухого белка, который может быть извлечен из фильтрата. Для этого белковый коагулянт, полученный из фильтрата, сушится с использованием специализированного сушильного оборудования [31].

Существует иной способ получения сухого корма из мезги и сока, который включает предварительное концентрирование сока путем уваривания. Этот процесс может быть выполнен двумя способами.

Первый способ включает разделение смеси мезги и сока, поступающей из гидроциклонной установки, на две составляющие - мезгу и картофельный сок. Мезга затем подвергается дополнительной обезвоживанию на центрифуге или

специальном прессовом оборудовании до содержания 20% сухих веществ, после чего происходит ее высушивание на сушилке. Картофельный сок нагревается до 75-90°C и подвергается увариванию до содержания 15% сухих веществ. Затем сгущенный сок смешивается с мезгой и также высушивается на сушилке до содержания 86% сухих веществ.

Второй способ включает частичное обезвоживание картофельного сока путем уваривания до содержания 15% сухих веществ после предварительного подогрева. Мезга, полученная в основном процессе производства, обезвоживается на центрифугах или мезго-прессах и затем высушивается с помощью сушильного оборудования. Затем сгущенный сок смешивается с мезгой и также высушивается. Таким образом, оба способа позволяют получить сухой корм из мезги и сока.

Для утилизации отходов картофелекрахмального производства разработана технология криоконцентрирования картофельного сока (рис. 34).

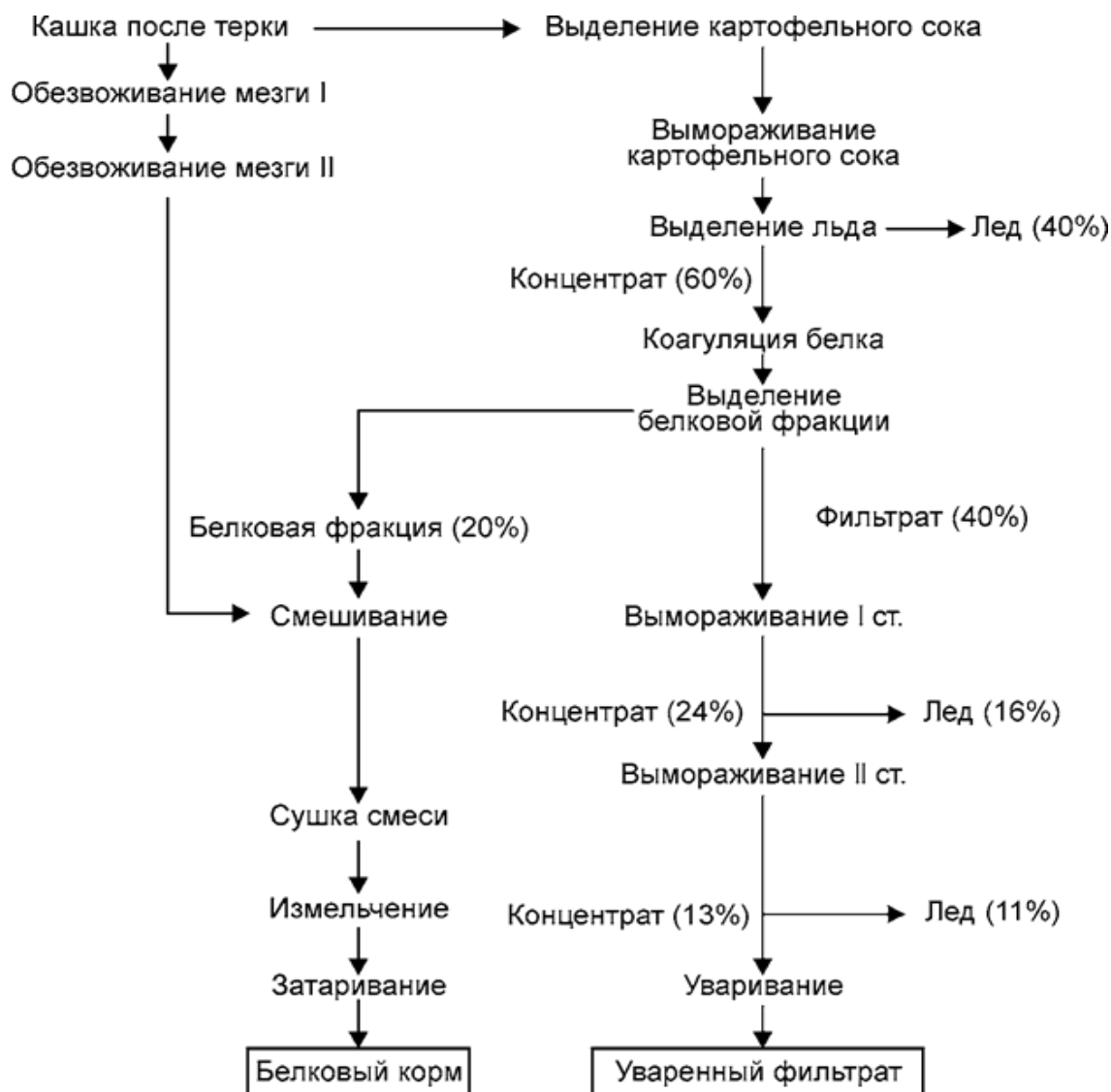


Рисунок 34 - Технологическая схема концентрирования картофельного сока вымораживанием

По этой технологии картофельный сок из основного производства подвергается охлаждению в льдогенераторе, где охлаждается до получения смеси льда и концентрата. Одна ступень вымораживания позволяет выморозить 40% воды при содержании 4,8-5% сухих веществ в картофельном соке. Смесь льда и концентрата затем проходит фильтрацию с использованием центрифуги для отделения льда.

Далее концентрат (содержащий 60% картофельного сока с содержанием сухих веществ 8-9%) подается на процесс коагуляции для извлечения белковой фракции на дуговых ситах. Полученный белковый осадок содержит до 16-18% сухих веществ. Осадок смешивается с предварительно обезвоженной до 20-25% мезгой, после чего происходит сушка на сушилке и последующее измельчение.

Полученный продукт представляет собой сухой белковый корм. Оставшийся фильтрат снова подается на охлаждение во второй ступени до концентрации 13% от исходного объема картофельного сока. Полученный концентрат далее испаряется до содержания 50% сухих веществ.

Произведенный с использованием данной технологии сухой белковый корм имеет схожий состав с белковым кормом, получаемым двойной термической коагуляцией, однако содержит менее денатурированный белок.

Уваренный фильтрат обладает аналогичным составом и консистенцией, как и фильтрат, полученный после двойной термической коагуляции.

После этого полученный концентрат может быть использован в дальнейшем.

Таким образом, существует несколько способов получения сухого корма из мезги и сока, а также возможности реализации отдельных компонентов, таких как сухой белок и белковая фракция. Технология криоконцентрирования картофельного сока также предоставляет возможность утилизации отходов картофелекрахмального производства.

*Биологический способ переработки картофельного сока (сточной воды) с получением сухой кормовой биомассы на крахмалопаточном комбинате*

В процессе переработки продуктов растениеводства и животного происхождения образуются сточные воды, требующие очистки.

Очистка сточных вод крахмалопаточного производства по схеме (рис. 35) предусматривает отстаивание сточных вод в первичном отстойнике, затем подачу осветленных сточных вод в культиваторы, где происходит образование биомассы из органических веществ сточной воды, кислорода, поступающего вместе с воздухом, и бактериальной смеси.

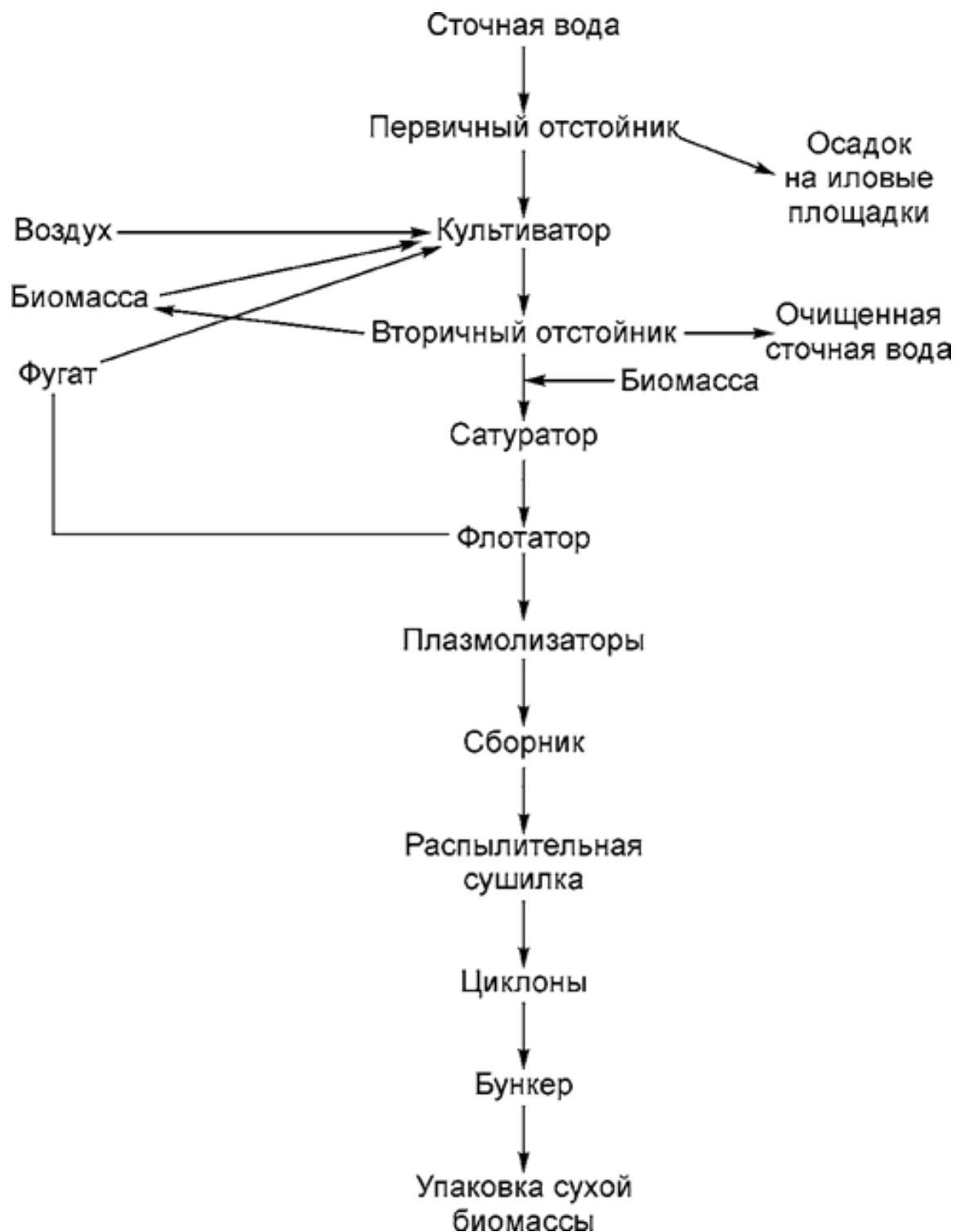


Рисунок 35 - Технологическая схема очистки сточных вод с получением кормовой биомассы.

Вторичный отстойник отделяет бактериальную смесь от сточной воды, которая затем направляется в сатуратор для насыщения кислородом. Для этого подается воздух под давлением. Насыщенная смесь поступает во флотатор, где всплывшая биомасса поступает в плазмоллизаторы.

В плазмоллизаторах биомасса стерилизуется при температуре 85-98°C в течение 30 минут. Стерилизованный продукт называют фугатом и направляют его в культиватор. Сгущенная биомасса из плазмоллизаторов поступает в сборник, а затем подается на распылительную сушилку. Высушенная биомасса отделяется от воздуха на циклонах и поступает в бункер сухой биомассы.

Технология переработки отходов позволяет получить высококачественный кормовой продукт, содержащий большое количество сырого протеина и комплекс незаменимых аминокислот, а также витамины группы В. Кроме того, технология позволяет снизить загрязнение сточных вод на 96%.

*Использование отходов кукурузо-крахмального производства в животноводстве*

Основными видами отходов кукурузо-крахмального производства являются мезга и жидкий кукурузный экстракт. Эти продукты традиционно используют в качестве кормов для сельскохозяйственных животных. Однако их недостатком является высокая кислотность ( $\text{pH} = 4,2-4,4$ ).

Для снижения кислотности и улучшения кормовых качеств отходов разработана технология приготовления сырых кормов путем смешивания кукурузной мезги и сгущенного экстракта с предварительной нейтрализацией кислотности.

В качестве нейтрализующих препаратов рекомендовано использовать гидроксиды натрия ( $\text{NaOH}$ ) и кальция ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). Гидроксид натрия применяют в сухом виде, а гидроксид кальция – в виде 30% известкового молока. Для нейтрализации 1 кг сгущенного кукурузного экстракта необходимо 25 г гидроксида кальция или 12 г гидроксида натрия, что обеспечивает  $\text{pH} = 6,4-6,7$ . Такие слабокислые корма лучше хранятся и поедаются животными [32].

*Процесс приготовления сырого корма из отходов крахмалопаточного производства включает следующие этапы:*

1. Поступление сгущенного кукурузного экстракта в нейтрализатор.
2. Добавление нейтрализующих препаратов (гидроксид кальция или гидроксид натрия).
3. Тщательное перемешивание до достижения необходимого уровня  $\text{pH}$ .
4. Смешивание с кукурузной мезгой.
5. Обработка ферментами для повышения питательной ценности (необязательный этап).

Схема приготовления сырого корма из побочных продуктов крахмалопаточного производства представлена на рисунке 36.

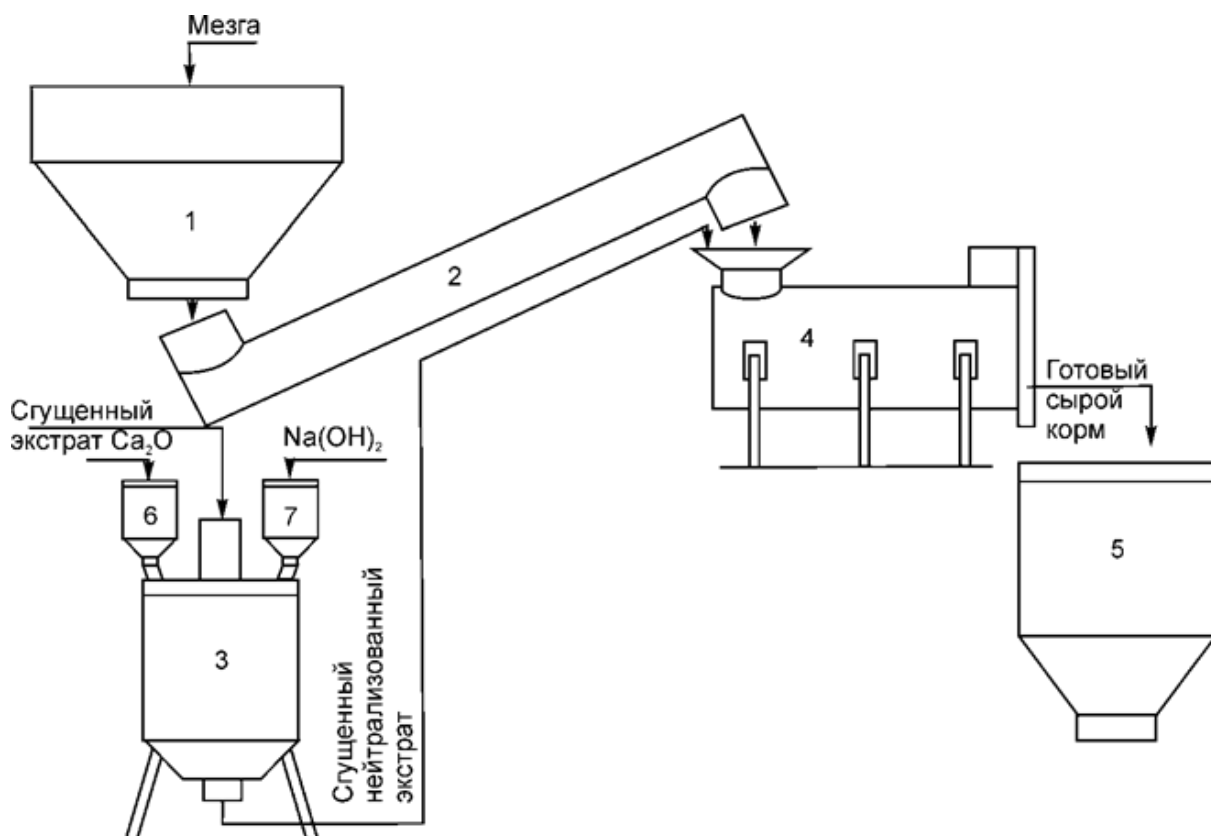


Рисунок 36 - Схема приготовления сырого корма из отходов крахмалопаточного производства

1 – бункер-дозатор мезги; 2 – транспортер; 3 – реактор для нейтрализации кислотности сгущенного экстракта; 4 – смеситель; 5 – бункер-накопитель готового сырого корма; 6 – дозаторы реагентов гидроксида кальция; 7 – дозаторы реагентов гидроксида натрия

Технология обработки кукурузного экстракта в нейтрализаторе начинается с введения сгущенного кукурузного экстракта, после чего добавляется известковое молоко из дозатора, содержащее гидроксид кальция, чтобы достичь желаемого значения pH в диапазоне от 5,0 до 5,2. Затем в частично нейтрализованный сгущенный кукурузный экстракт добавляется гидроксид натрия из дозатора до достижения pH в диапазоне от 6,4 до 6,7. В это же время сгущенный нейтрализованный экстракт и кукурузная мезга подаются в смеситель для смешивания. Полученный смесь отправляется в бункер-накопитель для временного хранения и последующей продажи. Влажность сырой корм составляет 65-68%, а питательность составляет 1,15 кормовых единиц на 1 кг высушенного корма.

Проблема утилизации сырого глютена остро стоит в кукурузном производстве. Глютенная суспензия, образующаяся в процессе производства кукурузного крахмала, содержит малое количество сухих веществ, примерно 0,8-1,5%, что затрудняет ее использование в кормовых и пищевых целях. Поэтому рекомендуется сушить глютенную суспензию для получения сухого глютена.

На рисунке 37 представлена схема опытно-промышленной линии производства сухого глютена.

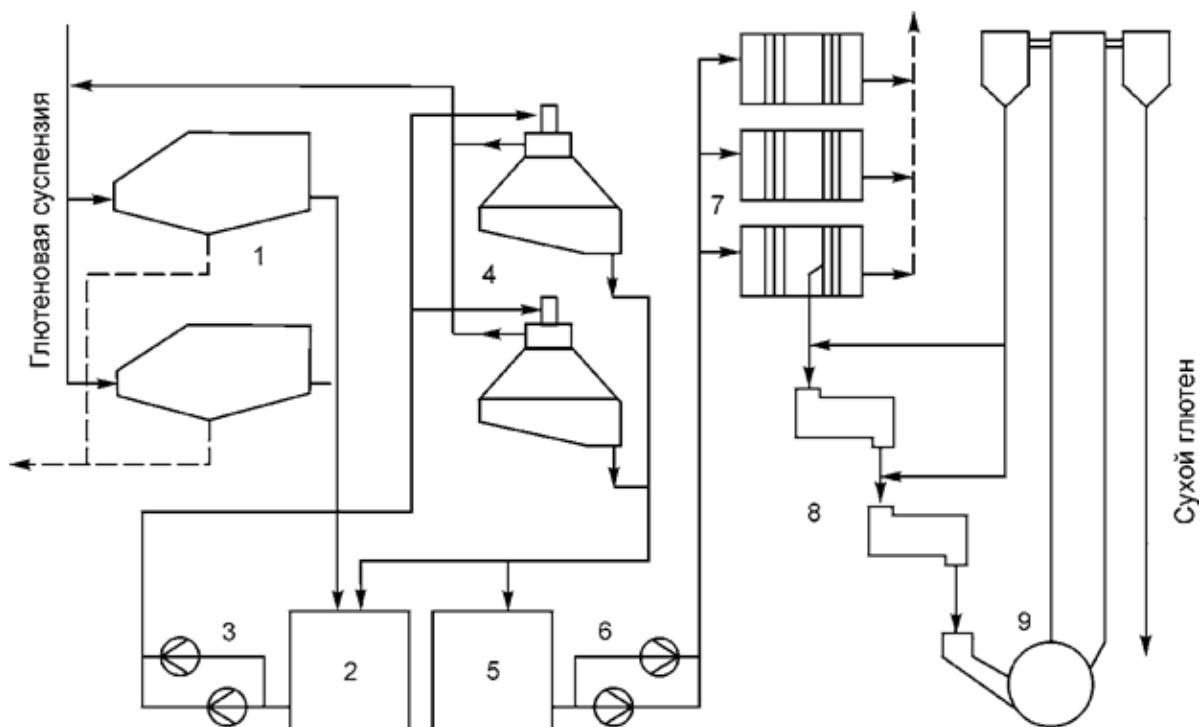


Рисунок 37- Аппаратурно-технологическая схема опытно-промышленной линии производства сухого глютена:

1 – флотокамера; 2, 5 – сборники; 3, 6 – насосы; 4 – сепаратор; 7 – фильтр-пресс; 8 – смеситель; 9 – пневмосушилка

В процессе, согласно схеме, аэрированная глютенная суспензия, полученная из сепараторов первичного разделения крахмального молока, направляется во флотокамеру. Здесь она разделяется на пенную фракцию сгущенного глютена с концентрацией 3% и осветленную глютенную воду, которая возвращается обратно в производственный процесс сырого крахмала.

Сгущенный глютен отправляется на концентрирование в центробежный сепаратор. Верхний сход сепараторов возвращается во флотокамеру, а нижний сход, являющийся сконцентрированной глютенной суспензией с содержанием от 6 до 8%, частично направляется в сборник перед сепаратором-концентратором (в случае опасности недостаточного уровня продукта в сборнике) и частично направляется в сборник сгущенного глютена. Оттуда с помощью насосов глютен подается на осадительную центрифугу или фильтр-пресс.

Верхний сход с центрифуги возвращается в сборник перед сепаратором-концентратором, а осадок с влажностью 55-60% перемещается в смеситель, где смешивается с возвращаемым сухим глютенном. Смесь с влажностью 45-50% подвергается высушиванию в прямотоке с использованием топочных газов с начальной температурой 300°C до достижения конечной влажности менее 12% в пневматической сушилке.

Полученный сухой кукурузный глютен содержит до 60-70% протеина в пересчете на сухое вещество и представляет собой ценный белковый продукт.

Он может быть использован в качестве компонента кормов, а также как сырье для производства пищевых добавок, пенообразователей и аминокислот[33].

Ценным компонентом при производстве кондитерских и хлебобулочных изделий является кукурузный зародыш. Технология его подготовки на пищевые цели представлена на рисунке 38.



Рисунок 38 - Технологическая схема производства кукурузного зародыша на пищевые цели

По схеме сырой кукурузный зародыш, выделенный из кукурузной каши на гидроциклонах и промытый от крахмала, поступает в сборники для подсаливания.

Расход соли для получения требуемой концентрации составляет 20 кг на 1 м<sup>3</sup>. Продолжительность подсаливания зародыша составляет 4-16 ч. Далее зародыш поступает на отцеживание, затем – на шнек-пресс для механического обезвоживания до влажности не более 62%.

Обезвоженный зародыш подается на конверторную сушилку с паровым обогревом, где высушивается до влажности не более 3%.

Охлажденный зародыш очищается от примесей на воздушном сепараторе и от ферропримесей – на магнитном сепараторе, взвешивается, упаковывается и отгружается потребителю.

Кукурузный зародыш является ценным компонентом для кондитерских и хлебобулочных изделий, может быть использован при изготовлении козинаков, грильяжа, при выпечке печенья, пряников, булочек. Изделие с кукурузным зародышем в составе имеет приятный вкус, напоминающий миндаль [34].

Использование отходов пищевой промышленности для производства кормов не только решает проблему утилизации отходов, но и снижает затраты на кормление животных.

Исследования показали, что животные, получающие в рационе кормовую биомассу, имеют более высокие показатели веса, лучшее здоровье и более низкую заболеваемость.

## 8 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ САХАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В процессе физико-химической переработки сахарной свеклы в сахарной промышленности наряду с основными продуктами (сахарный песок, рафинадный сахар) образуются побочные продукты и отходы.

*К побочным продуктам сахарного производства относятся субстанции, которые могут использоваться в качестве сырья для производства других продуктов:*

- меласса: густая вязкая жидкость, богатая сахарами, микроэлементами и витаминами. используется для производства спирта, лимонной и других пищевых кислот, пектина, пищевых волокон и других продуктов.

- рафинадная патока: другой тип густой вязкой жидкости, образующейся при переработке рафинадного сахара. содержит множество сахаров и питательных веществ. используется в качестве подсластителя в пищевой промышленности, а также в производстве биоэтанола.

- свекловичный жом: твердый побочный продукт, который представляет собой измельченные остатки сахарной свеклы после экстракции сахара. богатый источник клетчатки и других питательных веществ, используется в качестве корма для животных, а также для производства пищевых волокон и биогаза.

*Отходы сахарного производства включают субстанции, которые не пригодны для дальнейшего использования и требуют утилизации:*

- транспортерно-мочный и фильтрационный осадки: твердые отходы, образующиеся при очистке сахарного сока и свеклы. содержат органические вещества и минеральные примеси.

- свекловичные хвостики и "бой" свеклы: твердые отходы, которые представляют собой неиспользуемые части свеклы.

- отсев известнякового камня: побочный продукт, образующийся при использовании известняка в процессе переработки сахарной свеклы.

- жомопрессовая и промышленно-сточная вода: жидкие отходы, содержащие органические вещества, взвешенные частицы и растворенные минералы.

Несмотря на то, что часть отходов может быть использована в качестве вторичного сырья (ВСП), их основное назначение - утилизация и предотвращение загрязнения окружающей среды.

*ВСП и отходы сахарной промышленности классифицируются по различным критериям:*

- по источникам образования: растительные отходы.

- по агрегатному состоянию: твердые отходы (свекловичный жом, фильтрационный осадок, свекловичные хвостики и "бой" свеклы, отсев известнякового камня, транспортерно-мочный осадок), жидкие отходы (жомопрессовая вода, промышленные сточные воды), густые вязкие жидкости (меласса, рафинадная патока).

- по технологическим стадиям получения: отходы первичной переработки сырья (все вср и отходы отрасли, кроме рафинадной патоки) и отходы вторичной переработки сырья (рафинадная патока).

- по материалоемкости: многотоннажные отходы.

- по направлениям дальнейшего использования: для производства пищевых продуктов, кормов, технической продукции, удобрений.

- по воздействию на окружающую среду: безвредные, но при длительном хранении способны издавать неприятные запахи (сырой жом, фильтрационный осадок, промышленные сточные воды) и занимать значительные земельные площади (отсев известнякового камня при складировании, транспортно-моечный осадок, фильтрационный осадок).

На рисунке 39 представлена схема образования ВСР и отходов в сахарной промышленности.

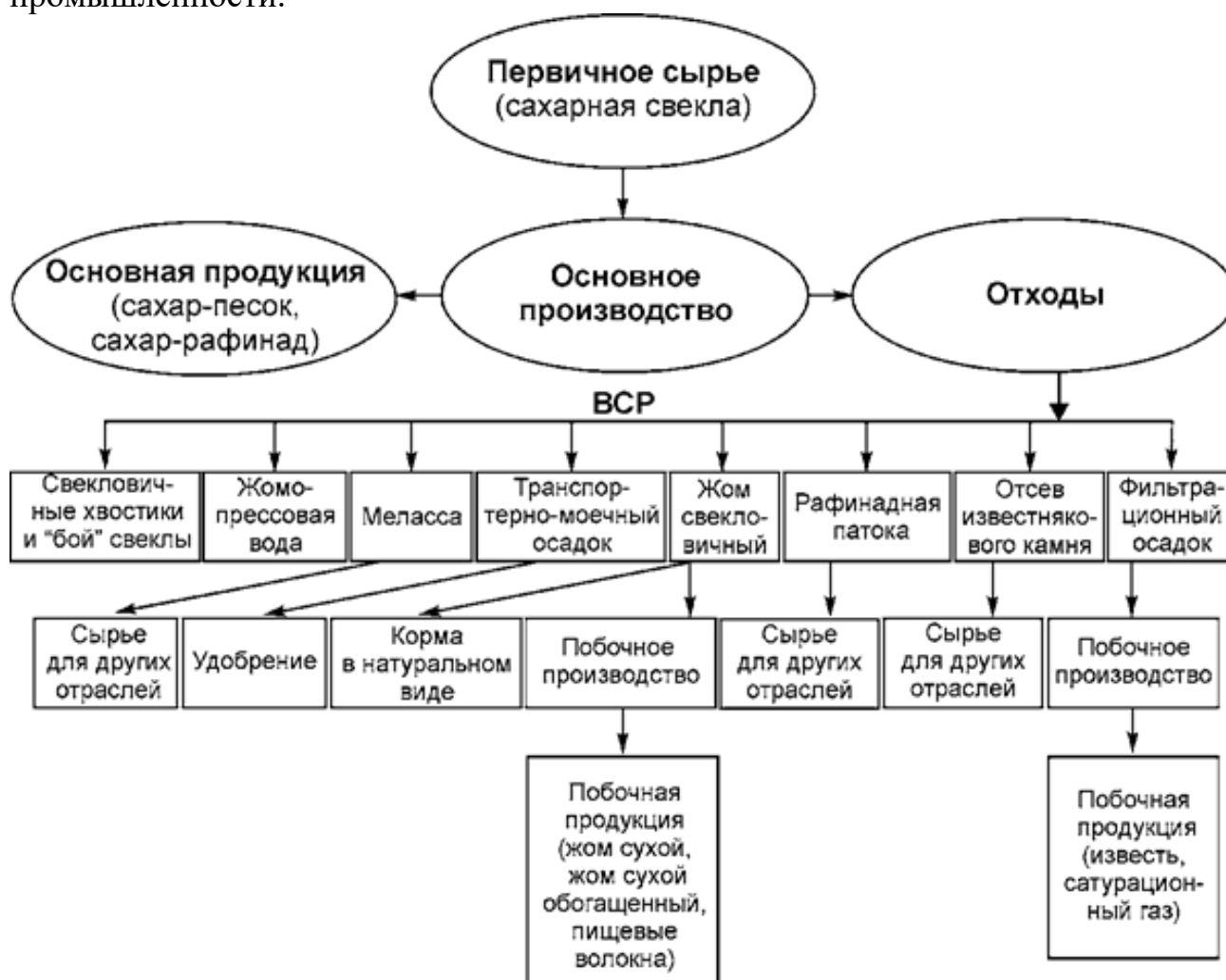


Рисунок 39 - Схема образования ВСР и основные направления использования отходов в сахарной промышленности

Основным сырьем для производства сахара является сахарная свекла, содержащая от 16 до 20% сахарозы. Химический состав свеклы зависит от множества факторов, таких как сорт, погода, агротехника, минеральное питание и сроки уборки. В корнеплодах свеклы содержится около 75-80% воды и 20-

25% сухих веществ, включая клетчатку, сахарозу, растворимые несахаровые вещества и золу.

При переработке каждого центнера свеклы получается 10-12 кг сахара, а также различные побочные продукты, такие как жом, меласса, фильтрационный осадок и другие. Выход сахара зависит от содержания сахара в свекле, а также от качества и количества несахаров, являющихся мелассообразователями.

Из 25 кг СВ, содержащихся в 100 кг корнеплодов сахарной свеклы, только около 12 извлекаются в виде сахара, а 13 кг (52%), остаются в отходах. В этой связи в отрасли ежегодно образуется около 60 млн т отходов, включая сточные воды [35].

Отходы производства сахара находят широкое применение в различных отраслях промышленности, включая пищевую, техническую и сельскохозяйственную сферы.

Основным видом отходов сахарного производства является свекловичный жом, представляющий собой стружку толщиной не более 2 мм с влажностью не более 82 %, из которой диффузионным способом извлечено основное количество сахара.

В таблице 16 представлен химический состав свекловичного жома.

Таблица 16 - Химический состав свекловичного жома

| Показатель                               | Величина показателя в жоме (к общей массе жома), % |                           |           |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------|-----------|
|                                          | свежем                                             | отжатым<br>и прессованном | кислом    |
| 1                                        | 2                                                  | 3                         | 4         |
| Сухое вещество                           | 6,0-9,0                                            | 14,0-20,0                 | 11,0-15,0 |
| Вода                                     | 91,0-94,0                                          | 80,0-86,0                 | 85,0-89,0 |
| Сырой пектин                             | 1,2-1,5                                            | 1,7-1,9                   | 1,3-2,6   |
| Сырая клетчатка                          | 3,5-4,5                                            | 5,0-7,0                   | 2,8-4,2   |
| Безазотистые экстрактивные вещества      | 4,3-6,0                                            | 8,5-10,0                  | 2,7-5,8   |
| Зола                                     | 0,6-1,0                                            | 1,1-1,4                   | 0,7-1,8   |
| Жир                                      | 0,4-0,7                                            | 0,6-0,9                   | 0,7-1,0   |
| Кормовая ценность 100 кг жома, корм. ед. | 6-9                                                | 15-20                     | 9-11      |

Свекловичный жом, представляет собой ценный кормовой и биологически активный ресурс. Помимо высокого содержания сухого вещества (СВ), жом обладает уникальным биохимическим составом, включающим в себя:

- витамин с (аскорбиновая кислота): антиоксидант, необходимый для здоровья иммунной системы, кожи и соединительной ткани.
- белок: строительный материал для тканей и органов, источник аминокислот.
- незаменимые аминокислоты: лизин, лейцин, треонин и валин, которые не могут синтезироваться организмом и должны поступать с пищей.

- пектиновые вещества: вода и жир - связывающие волокна, которые нормализуют работу пищеварительного тракта и снижают уровень холестерина.

*В зависимости от содержания СВ и времени хранения различают следующие виды свекловичного жома:*

- свежий жом: неотжатый жом с содержанием св до 3,5%, хранившийся не более трех суток.

- кислый жом: неотжатый жом с содержанием св до 3,5%, хранившийся более трех суток (рН 5,0).

- отжатый жом: жом с содержанием св от 10 до 13%.

- прессованный жом: жом с содержанием св более 13%.

Основное использование свекловичного жома - кормовое. Благодаря содержанию высококачественной клетчатки, пектиновых веществ и других питательных веществ, жом является ценным ингредиентом рационов сельскохозяйственных животных, таких как коровы, свиньи и птицы. До 30-40% жома скармливается в свежем виде, а остальная часть используется в кислом виде.

Для сохранения питательных веществ и улучшения транспортабельности жом обезвоживают и высушивают. Сушеный жом сохраняет свой биохимический состав и кормовые свойства, что делает его сопоставимым с пшеничными отрубями (85 корм. ед. на 100 кг). Существенным недостатком сушеного жома является низкое содержание протеина (6,8%), который можно повысить путем обогащения жома различными добавками.

Пищевую ценность жома можно увеличить путем добавления мелассы, амида аммония, амидо-минеральных компонентов и барды. Это позволяет получить такие виды жома, как:

- жом, обогащенный свекловичной мелассой, которая содержит сахара и минералы.

- жом, обогащенный амидом аммония, который является источником азота и улучшает содержание протеина.

- жом, обогащенный амидом аммония и минеральными веществами.

- жом, дополненный бардой, которая содержит дрожжевой белок и другие биологически активные компоненты.

#### *Использование в других отраслях*

Сушеный жом также является сырьем для получения пектина и пектиновых концентратов. Пектины обладают желеобразующими и комплексообразующими свойствами, что делает их незаменимыми ингредиентами в пищевой промышленности. Их используют в производстве кондитерских изделий, джемов, конфитюров, желе, фруктовых напитков, соков, майонезов и продуктов лечебно-профилактического назначения.

Свекловичная меласса, которая образуется в процессе экстракции сахара из свекловичного сока, является еще одним многотоннажным отходом сахарного производства, обладающим ценными биологическими свойствами.

Меласса содержит сахар ( глюкоза, фруктоза и сахароза, которые являются источниками энергии для организма), Витамины(витамины группы В, витамин С) и минералы (калий, кальций, магний и другие) [36].

Из мелассы получают более 25 видов продукции пищевой, химической, парфюмерной промышленности. Из оставшихся в мелассе сахаров брожением получают пищевые кислоты (лимонную и молочную), глицерин, ацетон, этиловый и бутиловый спирты [37].

На сусле, приготовленном из мелассы, выращивают хлебопекарные дрожжи, ею обогащают грубые, а также сброженные (силос) корма. Кормовая ценность мелассы составляет 770 корм. ед. на 1 т.

Выход рафинадной патоки составляет 1,2-1,6% к массе сахара- рафинада и зависит от качества перерабатываемого сырья. В рафинадной патоке на 100 кг СВ содержится 70-75 кг сахарозы, органических несахаров – 17-20 (половину которых составляют глюкоза и фруктоза) и 8-10 кг минеральных несахаров (преимущественно солей калия, кальция, сульфатов). Рафинадная патока находит применение в хлебопекарной промышленности, пищекокцентратном производстве и др. [38].

В фильтрационном осадке влажностью 50% содержится 75-80% углекислого кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) и 20-25% органических и минеральных несахаров, в том числе азотистых и безазотистых органических соединений (белок, пектиновые вещества, кальциевые соли, щавелевая, лимонная, яблочная и другие кислоты, сапонин, минеральные вещества и др.), а также небольшие количества калия, азота, оксида фосфора. В фильтрационном осадке содержится до 1% (к массе влажного осадка) сахарозы. Потери ее к массе свеклы составляют 0,11-0,12 %. Выход осадка зависит от массы вводимой извести. При влажности 50% масса его увеличивается вдвое [39].

Наиболее перспективными способами утилизации фильтрационного осадка являются: использование в качестве удобрения, подщелачивание им кислых почв, повторное использование в технологическом потоке после предварительной подготовки, обжиг на известь и сатурационный газ.

### ***Технологии переработки ВСП и отходов***

Технологии переработки отходов сахарной промышленности постоянно совершенствуются. Основные направления этого улучшения включают в себя усовершенствование методов отжима свежего жома, разработку эффективных методов сушки жома с использованием тепловой энергии, улучшение качества свекловичного жома путем обогащения микроэлементами, а также получение из сушеного жома различных продуктов, включая пищевые добавки и пектины. Также исследуются методы получения сухой мелассы для использования в кормопроизводстве и дополнительного извлечения сахара из мелассы с применением современных технологий.

Для улучшения качества свекловичного жома разработан метод микробиологической обработки с применением твердофазной биоферментации перед высушиванием. Технология производства ферментированных кормов включает приготовление закваски, измельчение свекловичного жома, нагрев до

определенной температуры и ферментацию в течение определенного времени. Результаты показывают значительное снижение содержания клетчатки и увеличение содержания протеина в готовом продукте.

*Производство высокобелковых кормов из сырого свекловичного жома.*

На рисунке 40 представлена технологическая схема ферментации свекловичного жома.

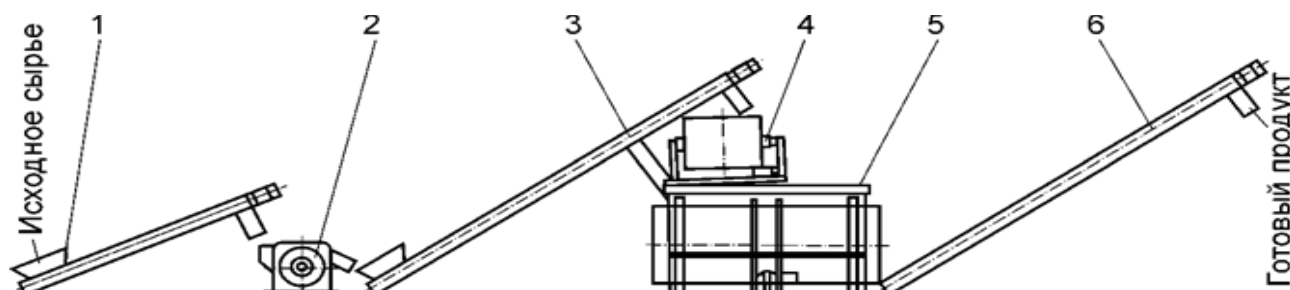


Рисунок 40 - Схема ферментации свекловичного жома:

1 – шнековый транспортер; 2 – дробилка молотковая;  
3 – шнековый транспортер; 4 – ферментер объемом 0,6 м<sup>3</sup>; 5 – ферментер объемом 7 м<sup>3</sup>;  
6 – шнековый транспортер

Разработана инновационная технология превращения растительных и пищевых отходов в ценные кормовые добавки и комбикорма с использованием микробиологической биоконверсии. Эта технология предназначена для использования в переработке сырья, которое обычно не используется в традиционном производстве кормов. В качестве исходного сырья могут использоваться отходы различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, а также растительные остатки сельскохозяйственных культур.

По данной технологии сырье, содержащее сложные полисахариды, подвергается воздействию комплексных ферментных препаратов, которые разлагают полисахариды на более простые компоненты, такие как углеводы и белки. Этот процесс также позволяет уничтожить вредные микроорганизмы и личинок паразитов.

Результатом этой технологии является кормовая добавка - углеводно-белковый концентрат (УБК), который отличается высоким содержанием белка (22-26%), легкой усвояемостью и богатой витаминами и минералами составом. УБК может использоваться как основной компонент в производстве комбикормов или добавкой к другим кормам.

Эта технология является экологически безопасной и не производит отходов или выбросов. Ключевым элементом ее является биореактор, в котором происходит процесс биоконверсии отходов в кормовые добавки. Эти реакторы могут использоваться для переработки различных сырьевых компонентов.

В технологическом процессе влажная смесь отходов загружается в биореактор, где процесс биоконверсии продолжается в течение нескольких дней.

Технологическая схема микробиологической переработки растительных отходов в корма представлена на рисунке 41.

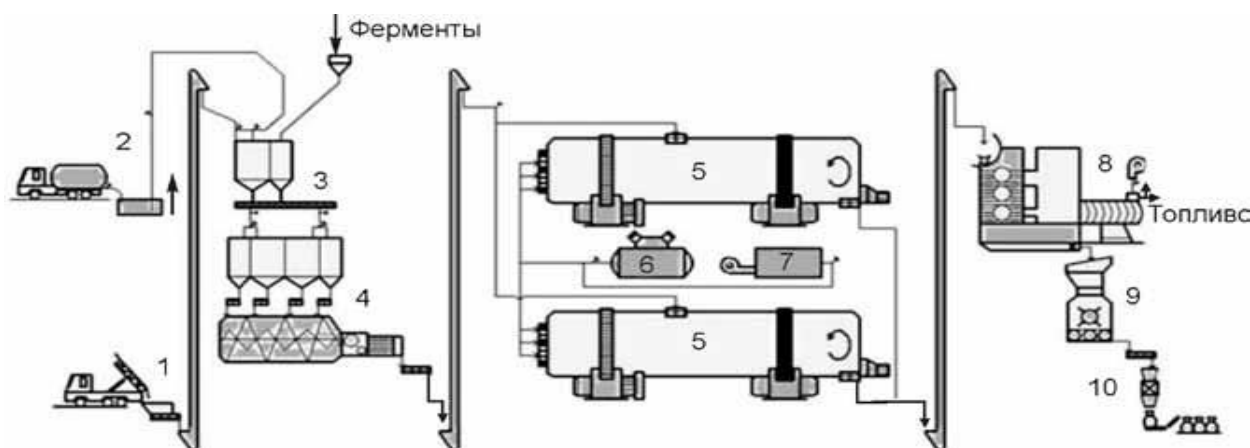


Рисунок 41 -Технологическая схема микробиологической переработки растительных отходов в корма:

- 1 – прием сыпучего и влажного сырья; 2 – прием жидкого сырья; 3 – бункеры-дозаторы; 4 – смеситель; 5 – биореактор; 6 – компрессор; 7 – парогенератор; 8 – сушилка; 9 – измельчитель; 10 – отгрузка в мешки

В результате получается влажная кормовая добавка, которая после сушки и измельчения может быть использована в производстве комбикормов. Испытания показали значительное увеличение продуктивности при использовании комбикорма с УБК по сравнению с традиционными кормами.

Свекловичный жом стал объектом исследований для производства нанокристаллической целлюлозы (НКЦ), обладающей сопоставимой прочностью с углеродными нанотрубками и способной формировать армирующие сетки в полимерах. Области применения нанокристаллической целлюлозы представлены на рисунке 42.

| Технология отработана                    | Технология в стадии проработки                               |
|------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Производство продуктов здорового питания | Производство биоразлагаемых упаковок и разовой посуды        |
| Сырье для фармацевтики и косметики       | Сенсоры, "умная" упаковка                                    |
| Производство пектина                     | Основа для катализаторов                                     |
| Производство модифицированной древесины  | Производство полимербетонов, красок, лаков, грунтовок, клеев |
| Производство дражированных семян         | "Электронная бумага", "умные стекла"                         |
|                                          | Аэрогели, мембраны, адсорбенты, пены                         |

Рисунок 42 - Области применения нанокристаллической целлюлозы

Некоторые технологии уже прошли испытания и получили широкое применение, в то время как другие все еще находятся на стадии интенсивного изучения.

*Одно из направлений разработок заключается в использовании НКЦ для обработки семян сельскохозяйственных культур.* Полевые испытания показали, что семена, обработанные НКЦ, обладают требуемыми механическими и барьерными свойствами, не слипаются, выдерживают машинную обработку при посеве и не разрушаются до внесения в почву. Это позволяет ускорить прорастание семян в условиях нестабильного увлажнения, повысить урожайность и снизить расход органо-минеральных удобрений, что, в свою очередь, снижает экологическую нагрузку на почву.

*Производство НКЦ из свекловичного жома также обещает создать биоразлагаемые материалы для производства пищевой упаковки.* Упаковка на основе НКЦ обладает быстрой биодеструкцией и возможностью саморазложения, что делает ее привлекательной для использования в одноразовой посуде, мешках для мусора и органических отходов, сельскохозяйственных пленках и других областях.

*НКЦ также предлагается использовать для модификации древесины,* что придает ей дополнительные свойства, такие как повышенная твердость, влагостойкость и стабильность формы.

Кроме того, НКЦ может быть использована в производстве бумаги, клеевых изделиях из модифицированной древесины в различных отраслях промышленности, где требуются более высокие показатели прочности и устойчивости к механическим воздействиям (в узлах мостовых башенных кранов, кран-балок, лебедок; узлах трения конвейеров, транспортеров, шнеков, рольгангов и т.д.)[42].

## 9 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### Мясная отрасль

Мясная индустрия является одним из важнейших секторов пищевой промышленности во всех странах мира. Ежегодно она производит огромное количество продукции для удовлетворения растущего спроса на мясо и мясопродукты. Однако этот процесс неизбежно сопровождается образованием значительного количества побочных продуктов и отходов.

Ежегодно в мясной отрасли образуется огромное количество вторичного сырья и отходов.

К ним относятся:

- кровь
- кости
- субпродукты второй категории
- жир-сырец
- шкурсырье
- рогакопытное и непищевое сырье
- каныга

Эти ресурсы обладают высокой материалоемкостью и благодаря своим уникальным свойствам могут быть использованы для производства различных видов продукции

Современные технологии и инновации позволяют комплексно перерабатывать отходы мясной промышленности, превращая их в ценные продукты.

Схема комплексного использования сырья в мясной промышленности представлена на рисунке 43.



Рисунок 43 - Схема комплексного использования сырья в мясной промышленности.

Вторичные сырьевые ресурсы и отходы используются по следующим направлениям:

- пищевые
- кормовые
- технические

Кровь животных содержит полноценные белки, ферменты, липиды, витамины, низкомолекулярные азотистые соединения, минеральные вещества.

Цельная кровь содержит 16-19% белка и 79-82% воды. Она состоит из плазмы (жидкая часть) и форменных элементов (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты). Присутствующий в эритроцитах белок гемоглобин придает крови красный цвет.

После извлечения крови из туши животного она теряет свойства жидкости и свертывается, образуя сгусток.

Скорость свертывания различается у разных животных:

- крупный рогатый скот: 6,5 минут
- свиньи: 2,5 минуты
- лошади: 11,5 минут[44].

Кровь крупного рогатого скота используется в медицинских целях для изготовления кровезаменителей, фибринных пленок и других продуктов.

Кости животных являются источником: пищевого жира, мясной массы, мясокостных полуфабрикатов, сухих пищевых бульонов, кормов, клея, желатина.

Около 67% получаемой кости используется в пищевых целях, а остальное направляется на производство сухих кормов животного происхождения и отгружается предприятиям клеежелатиновой промышленности.

Для пищевых целей используется мясная масса и костный жир, составляющие около 25% от общей массы кости. Наиболее ценная часть – белок – используется в кормовых и технических целях.

Субпродукты второй категории (печень, почки, легкие и т.д.) используются в производстве кормов для домашних животных.

Жир-сырец применяется в качестве сырья для производства технических жиров, мыла и других продуктов.

В мировой практике существует опыт полной безотходной переработки костного сырья на пищевые цели с получением сухого белкового продукта и минерального концентрата.

Кератинсодержащее сырье (рога, копыта, волосы, щетина, шерсть) на мясокомбинатах, хотя занимает небольшой объем, при учете перерабатываемого скота становится значительным и может быть использовано для производства белковых кормов.

Шкурсырье используется в кожевенной промышленности.

Рогокопытное и непищевое сырье идет на производство клея и других технических продуктов.

Каныга - содержимое желудка жвачных, выделяемое при убое, богатое водой и питательными веществами. Она может быть использована как

удобрение, термоизоляционный материал, источник метана и других продуктов. Каныга также используется для получения кормовых дрожжей и витамина B12, а также в кормлении свиней и птицы, обеспечивая питательность 6,7 кормовых единиц на 100 кг сырой каныги.

Новым направлением использования жировых отходов мясной промышленности является получение на их основе биодизельного топлива [43].

Комплексная переработка отходов мясной промышленности имеет ряд экологических и экономических преимуществ:

- снижение загрязнения окружающей среды: предотвращение попадания органических отходов на свалки и в водоемы.
- эффективное использование ресурсов: превращение отходов в ценные продукты уменьшает зависимость от новых источников сырья.
- снижение затрат на утилизацию: переработка отходов экономит средства, которые могли бы быть потрачены на их захоронение или сжигание.

В мясной промышленности постоянно разрабатываются и внедряются новые инновационные технологии, которые позволяют более эффективно и безопасно перерабатывать отходы. К ним относятся:

- биотехнологические методы для извлечения и очистки ценных компонентов из отходов.
- ультразвуковые технологии для разрушения тканей и выделения белка.
- мембранные технологии для разделения и концентрирования веществ.
- экструзионные технологии для производства белковых и других продуктов из отходов.

Инвестиции в развитие инновационных технологий в мясной промышленности позволяют повысить эффективность переработки отходов, снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и увеличить прибыльность предприятий.

Кроме того, в настоящее время большое внимание уделяется развитию безотходных технологий в мясной промышленности. Исследования в этой области направлены на поиск новых способов использования всех компонентов животного сырья, включая отходы, с целью достижения максимальной экономической и экологической эффективности.

### ***Технологии переработки ВСР и отходов мясной промышленности***

*Использование крови животных в медицине* включает производство кровезаменителей, фибринных пленок для лечения ожогов и ран, а также белковых гидролизатов для парентерального питания и лечебно-питательных препаратов, таких как гематоген, способствующих стимуляции кроветворения.

*Переработка кости из мясной промышленности* включает механическую дообвалку кости для получения пищевого жира и кормовой муки. Говяжьи кости с высоким содержанием жира используются для выработки костного пищевого жира. Другие виды кости, такие как позвоночные и крестцовые кости, могут быть использованы для производства мясокостных полуфабрикатов или направлены на производство пищевого жира, сухого пищевого бульона и кормовой муки. Процессы переработки включают

механическую обработку и обезжиривание с последующим использованием костного остатка для различных целей, включая производство пищевых продуктов и кормовых добавок.

Разработаны линии с сушилками периодического действия, позволяющие перерабатывать любое сырье, с гарантированной стерилизацией муки и жира. Линия МЛ-А16М(ООО «Асконд Инжиниринг») (рис. 44)

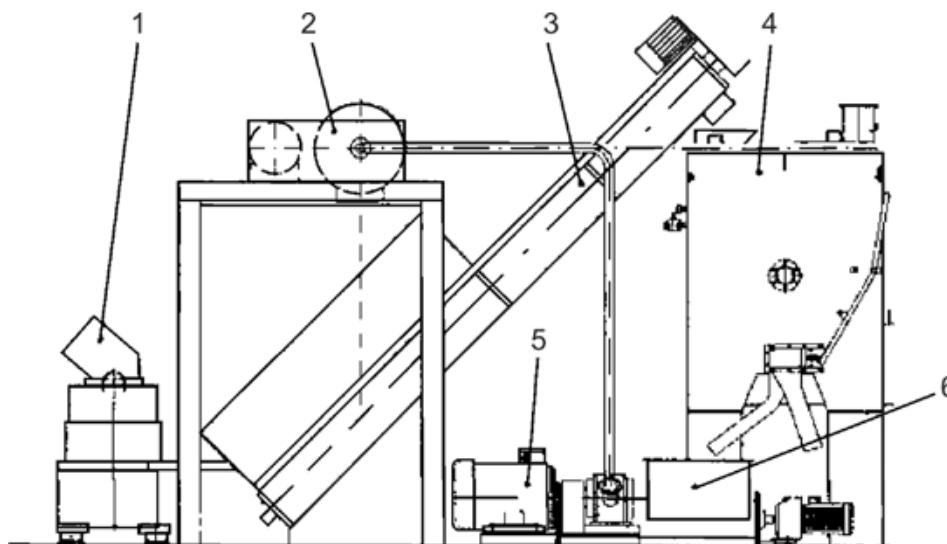


Рисунок 44 - Мини-линия МЛ-А16М для переработки кости:

1 - измельчитель сырья; 2 – центрифуга; 3 – транспортер шнековый (5 м) с бункером;  
4 – сушилка СК-1,5; 5 – насос; 6 – транспортер шнековый (1,2 м)

Была разработана инновационная технология безотходной переработки костей для создания кормовой костной муки с повышенной биологической ценностью. Эта технология позволяет обрабатывать кости сухим способом при умеренных температурах, исключая контакт с водой или жестким паром.

Технологическая линия Я8-ФЛК включает две стадии обезжиривания: сначала проводится кондуктивный нагрев до 85-90°C в течение 11 минут с непрерывным отводом вытопленного жира и соковых паров, затем происходит фильтрационное центрифугирование при 70-80°C в течение 3-4 минут. Обезжиренные кости подвергаются непрерывной сушке в течение 30-35 минут, после чего проходят процесс измельчения и просеивания. Полученная кормовая костная мука обладает в среднем на 70% большим содержанием протеина, чем мука, произведенная по традиционной технологии.

#### *Переработка кератинсодержащих отходов в белковые корма*

Керотин - это фибриллярный белок, который содержится в волосах, шерсти, рогах, копытах и когтях животных. Эти отходы являются ценным источником белка для кормления животных. Гидротермохимический метод переработки кератинсодержащих отходов заключается в их обработке щелочным реагентом под давлением 0,2-0,3 МПа в течение 5-6 часов. Затем гидролизат нейтрализуют кислотой до нейтрального значения рН. Такая обработка приводит к гидролизу кератина на 78-79%, образуя гидролизат, содержащий 20-25% сухих веществ, в том числе 15-16% белка. Гидролизат

кератинсодержащих отходов характеризуется высокой эмульгирующей способностью и содержит более 15 микроэлементов. Это делает его ценным компонентом кормов для различных видов животных.

#### *Производство пищевых животных жиров.*

Шквара - это побочный продукт производства пищевых животных жиров, который образуется при вытапливании жира из жирового сырья. В шкваре содержится значительное количество жира (8-15%), что представляет собой значительную потерю. Для повышения выхода жира разработана малоотходная технология вытопки, которая позволяет устранить трудоемкие подготовительные операции и уменьшить производственные площади. Для вытопки жира на этой технологии используется машина Я8-ФИБ(рис. 45).

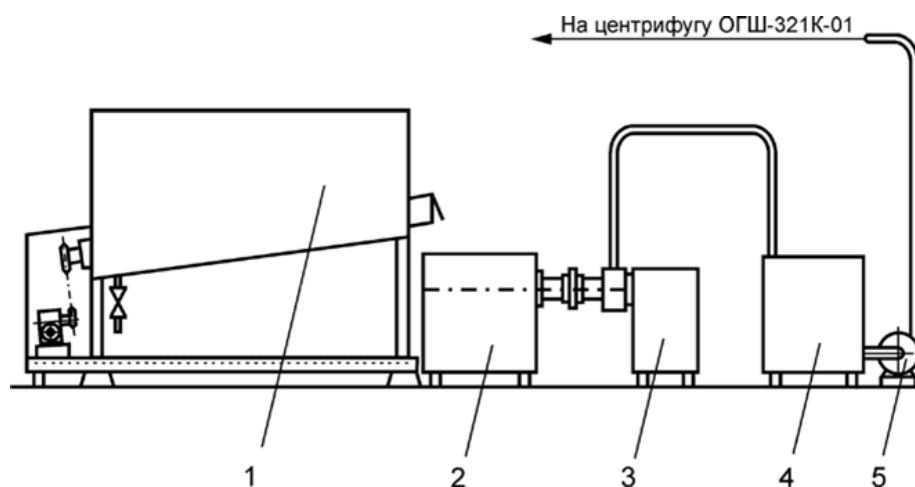


Рисунок 45 - Участок подготовки жира-сырца и вытопки жира с применением машины Я8-ФИБ:

- 1 – бункер-накопитель; 2 – волчек; 3 – машина вытопки жира Я8-ФИБ;  
4 – бак; 5 – насос

Использование машины Я8-ФИБ позволило снизить остаточное содержание жира в шкваре более чем в 2 раза по сравнению с традиционными машинами. Это привело к значительному увеличению выхода пищевых животных жиров[45].

#### *Переработка отходов мясной промышленности методом сухой экструзии*

Сухая экструзия - это метод обработки материалов, при котором нагрев происходит за счет трения внутри материала и о стенки экструдера. Этот метод широко используется для производства кормов для животных.

Технология переработки отходов мясной промышленности методом сухой экструзии заключается в следующем:

1. Измельчение отходов животного происхождения.
2. Смешивание отходов с растительным наполнителем (зерно, зерноотходы, отруби, шроты) для снижения влажности.
3. Экструзионная переработка смеси.

Растительный наполнитель используется для снижения влажности отходов, что необходимо для эффективного процесса экструзии. Объем наполнителя превышает объем отходов в 3-5 раз.

При прохождении смеси через экструдер происходит ее нагрев, изменение структуры и снижение устойчивости к действию ферментов. Полученный на выходе экструдат содержит легкодоступные питательные вещества, что повышает его кормовую ценность.

*Рециклинг жировых отходов очистных сооружений мясокомбинатов* является важной задачей для снижения негативного влияния на окружающую среду.

Основные методы очистки включают механические, физико-химические, химические и биохимические процессы.

Технология предочистки сточных вод включает в себя решетки, песколовки, жирословители и отстойники.

Утилизация жировых отходов может осуществляться через их переработку в технический жир и хозяйственное мыло, а также в биодизельное топливо, что является перспективным направлением в снижении экологического воздействия и обеспечения возобновляемости сырья.

*Переработке жиромассы в жидкое биотопливо высокого качества.*

Разработана схема получения биодизельного топлива из сборных жиров мясоперерабатывающих предприятий (рис. 46).

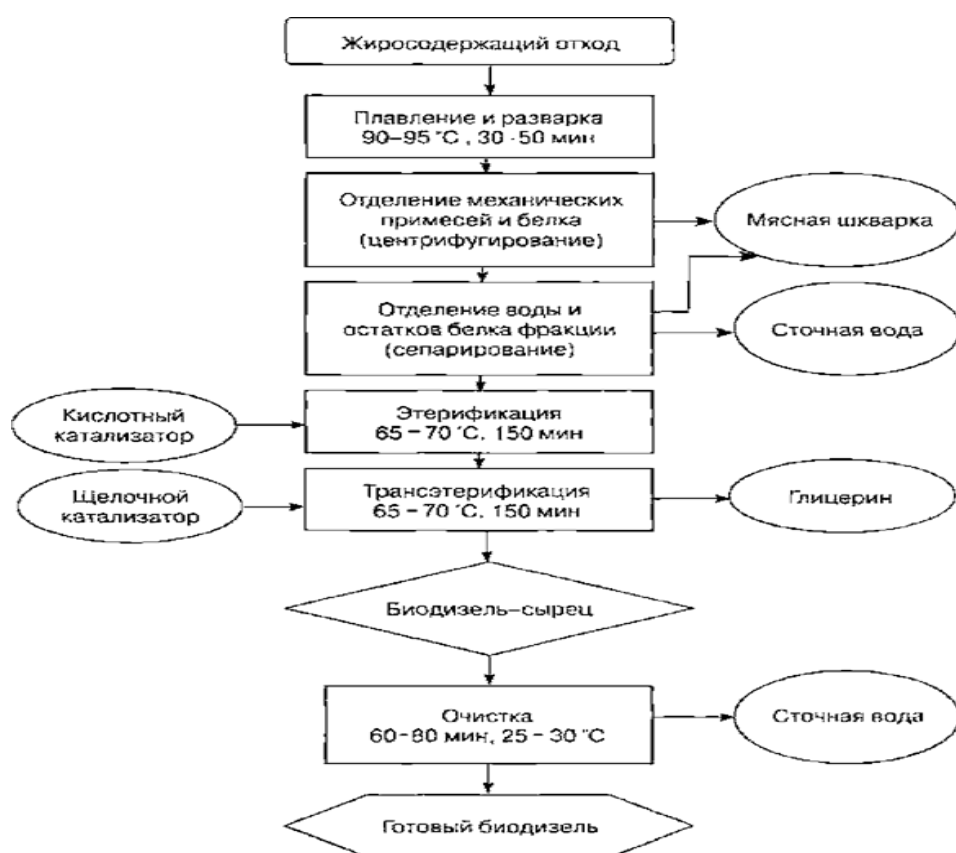


Рисунок 46- Схема получения биодизельного топлива из жировых отходов мясоперерабатывающих предприятий

Процесс включает предварительную подготовку жиромассы, включающую плавление, центрифугирование для разделения на мясную шквару и обезвоженный жир. Мясная шквара после сушки может быть использована как составляющая кормовой муки для сельскохозяйственных животных[46].

Перечисленные методы переработки отходов животноводства позволяют получать ценные продукты, которые могут использоваться в различных областях. Белковые корма, полученные из кератинсодержащих отходов, являются ценным источником белка для кормления животных. Пищевые животные жиры используются в производстве продуктов питания, а экструдированные отходы мясной промышленности могут использоваться в качестве высокопитательных кормов для сельскохозяйственных животных.

Эти технологии позволяют повысить эффективность животноводческой отрасли и способствуют решению проблемы утилизации отходов.

### **Птицеперерабатывающая отрасль**

Современные технологические достижения в птицеперерабатывающей отрасли открывают широкие возможности для сокращения отходов, получения ценных биоактивных соединений и возобновляемых источников энергии (рис. 47).



Рисунок 47 - Современные направления использования отходов птицеперерабатывающей промышленности

Эти инновации не только повышают эффективность производства, но и способствуют развитию более устойчивой и ответственной отрасли.

### ***Технология переработки мясо-костного остатка птицы***

Мясо-костный остаток, побочный продукт птицепереработки, ранее считался отходом.

Разработана эффективная биокаталитическая технология глубокой контролируемой переработки мясокостных остатков птицы в ценный белковый ингредиент – функциональный мясной протеин (ФМП).

Ферментативный гидролиз мясо-костного остатка высвобождает растворимые белки, содержащие полный спектр незаменимых аминокислот. ФМП используется в производстве колбас, мясных продуктов быстрого приготовления и других пищевых изделий, повышая их пищевую ценность, консистенцию и вкусовые качества.

Получают его из малоценных продуктов переработки птицы благодаря легкому ферментативному гидролизу (ферментализ) (рис. 48).

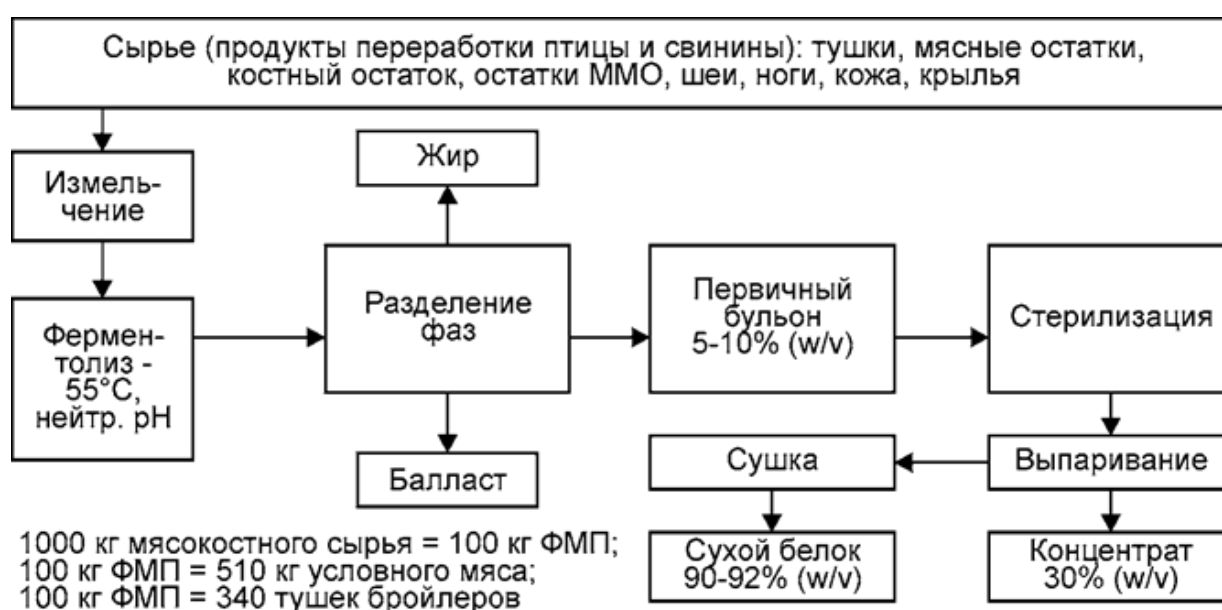


Рисунок 48 - Технологическая схема производства функционального мясного протеина (ФМП)

Он содержит белковый концентрат (до 90% животного белка) и полный аминокислотный состав, имеет низкую осмотичность и гипоаллергенные свойства. Используется в производстве колбасно-кулинарных и сухих продуктов быстрого питания в различных ролях:

- регулятор пищевой ценности;
- стабилизатор консистенции;
- эмульгатор для улучшения связанности белков, жиров и воды;
- заменитель части фосфатов;
- улучшитель вкуса и запаха;
- восстановитель качества мяса.

Технология получения этого концентрата позволяет дополнительно извлечь до 10% пищевого белка из малоценного сырья[47].

*Технология получения биодизельного топлива*

Куриный жир, традиционно выделяемый для производства технического жира, теперь может быть превращен в экологически чистое биотопливо.

Ферментативная конверсия мясо-костного остатка позволяет получить жировую фракцию с высоким качеством:

- снижение содержания свободных жирных кислот и мыл в 8 раз: это улучшает характеристики и качество топлива, обеспечивая более стабильную и эффективную работу двигателей.

- непрерывный высокопроизводительный процесс: разработанный процесс трансэстерификации куриного жира в биодизель осуществляется за 20 минут при температуре 300°C, обеспечивая высокую пропускную способность сырья[48].

*Технологии переработки пера.*

Разработаны технологии переработки пера для использования в кормах.

Первая технология включает высокотемпературную обработку в гидролизере, что приводит к получению функционального кератина пера (ФКП) с более чем 85% содержанием белка и высокой переваримостью. Один тоннаж пера может заменить тонну рыбной муки в кормах для бройлеров.

Вторая технология основана на экструзии пера. Процесс включает сушку пера, очистку от примесей, экструзию, измельчение и упаковку. При экструзии перо преобразуется из твердого состояния в плавкое, а кератиновый белок пера превращается в поливидовую аминокислоту с высоким содержанием усваиваемого сырого протеина. Полученный продукт обеззараживается, обезвоживается и превращается в рассыпчатый продукт цилиндрической формы перед упаковкой или дальнейшей переработкой [49].

Внедрение инновационных технологий в птицеперерабатывающей отрасли несет в себе многочисленные преимущества, такие как сокращение отходов, получение функциональных продуктов с высокой пищевой, кормовой и энергетической ценностью, устойчивое производство, и финансовая эффективность предприятий.

## 10 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Молочная промышленность является одним из крупнейших перерабатывающих секторов экономики, производящим широкий спектр молочных продуктов, таких как молоко, сливки, сыр, масло и йогурт. В процессе переработки молока образуется значительное количество побочных продуктов и отходов, известных как вторичные сырьевые ресурсы (ВСР).

*По технологическим стадиям получения ВСР классифицируют следующим образом:*

- первичная обработка сырья: обезжиренное молоко, ополоски.
- вторичная переработка сырья: молочная сыворотка, пахта, шлам сепараторов, ополоски.
- промышленная переработка вторичных ресурсов: шлам и ополоски сепараторов, пригар и ополоски пастеризаторов, конденсат вторичных паров при вакуум-выпаривании, пригар и пыль при сушке, фильтрат, альбуминное молоко, меласса, отработанная биомасса дрожжей[50].

*По материалоемкости ВСР подразделяются на:*

- многотоннажные: обезжиренное молоко, молочная сыворотка, пахта, конденсат вторичных паров.
- малотоннажные: все остальные

*Сывороточные компоненты*

К наиболее значимым компонентам молочной сыворотки относятся:

- белки: альфа-лактальбумин, бета-лактоглобулин, сывороточный альбумин, иммуноглобулины.
- углеводы: лактоза, глюкоза, галактоза.
- минеральные вещества: кальций, калий, фосфор, магний.
- жиры: менее 1% от общего состава.

*Используемые ВСР и отходы:* обезжиренное молоко и альбуминное молоко, молочная сыворотка, пахта, белковая масса, меласса

Обезжиренное молоко широко применяется в производстве кисломолочных напитков, сыров, творога и других молочных продуктов, а также в качестве добавки в хлебобулочные изделия и кондитерские изделия.

Молочная сыворотка используется в производстве сыров, напитков, пищевых добавок и кормовых средств. Пахта используется как ингредиент в выпечке и хлебопечении, а также для производства сыра, масла и других молочных продуктов.

*Неиспользуемые или частично используемые ВСР и отходы:* ополоски молокоцистерн и технологического оборудования, пригар, пыль, санитарный брак, отработанные моющие растворы, конденсат вторичных паров, фильтрат, соленая сыворотка.

Эти ВСР представляют собой отходы, утилизация которых является важной экологической и экономической проблемой. Они могут накапливаться на предприятиях, загрязняя окружающую среду или сбрасываться в

канализацию, что приводит к дополнительным затратам на очистку сточных вод.

При выработке 1 т молочной продукции образуются следующие количества ВСР:

- 1 т сливочного масла: до 20 т обезжиренного молока, до 1,5 т пахты
- 1 т сыра: до 10 т молочной сыворотки
- 1 т творога: до 8 т молочной сыворотки
- 1 т сухого молока: до 5 т молочной сыворотки[51].

Наиболее ценные с точки зрения питательности молочные продукты, полученные из обезжиренного молока, включая напитки, особенно кисломолочные и с добавками. Процесс изготовления таких продуктов практически идентичен процессу создания продуктов из полного молока. То же самое справедливо для производства белковых кисломолочных продуктов, таких как сыры, творог, пасты и кремы, а также для нежирного сыра.

Схема образования и использования ВСР и отходов молочной промышленности представлена на рисунке 49.

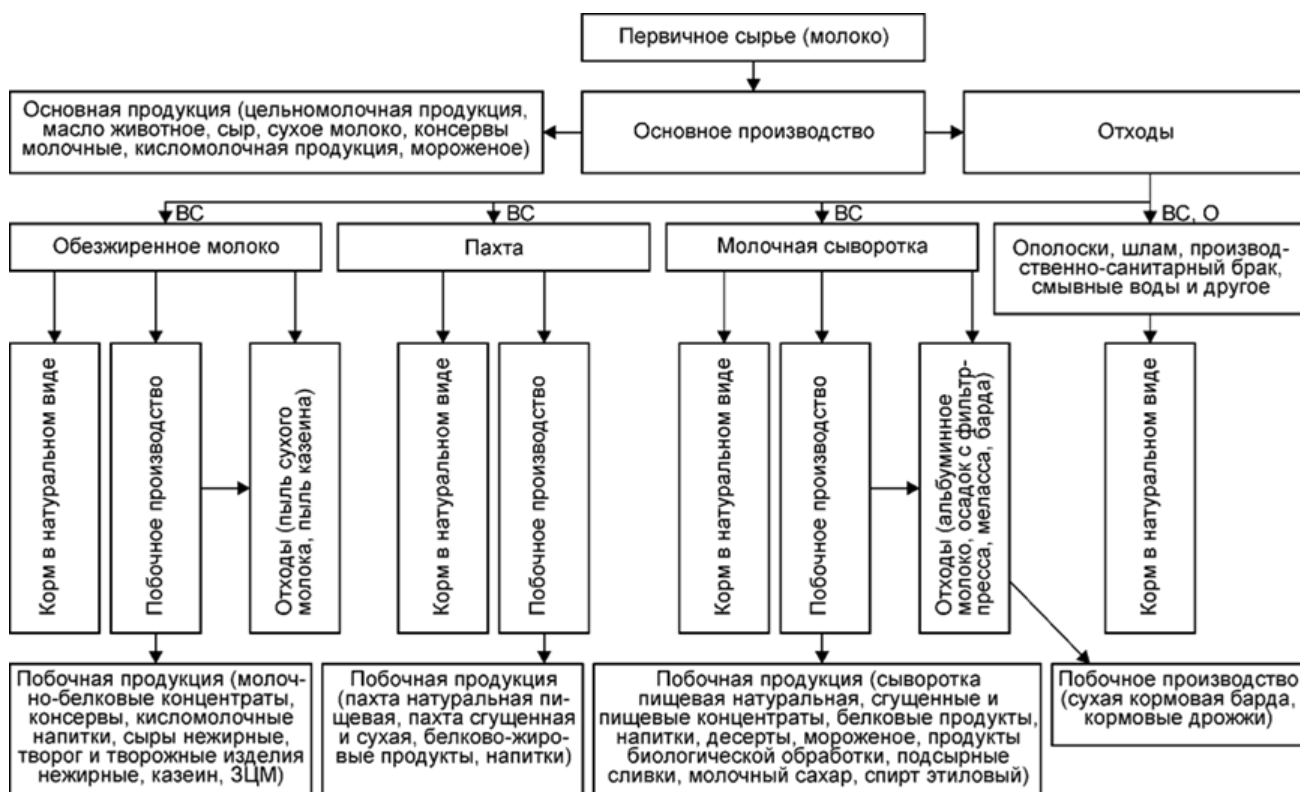


Рисунок 49- Схема образования и использования ВСР и отходов молочной промышленности

На основе обезжиренного молока было разработано производство заменителей цельного молока (ЗЦМ) для кормления молодых животных в сельском хозяйстве, таких как телята, ягнята, поросята и др. Существует более 50 различных видов ЗЦМ и регенерированного молока. Основная идея технологии ЗЦМ заключается в добавлении 2,5% заменителей молочного жира в обезжиренное молоко или его смесь с пахтой и сывороткой.

Пахта может быть сладкой или кислой: сладкую получают при изготовлении сладкосливочного масла путем взбивания сливок или извлечения из них высокожирных компонентов, а кислую - при изготовлении кислосливочного масла.

Пахта содержит основные компоненты молока: белок, лактозу, молочный жир, минеральные вещества, а также витамины, фосфолипиды, макро- и микроэлементы. Белки представлены казеином и сывороточными белками. Массовая доля белка в пахте составляет примерно 2,7-2,9% для казеина, 0,4% для лактоальбуминов и 0,1-0,35% для лактоглобулинов. Пищевая и биологическая ценность пахты обусловлена необходимостью ее полного использования в производстве пищевых продуктов.

Пахту используют для создания свежих (неферментированных) и ферментированных (сброженных) напитков с добавками или без них. Также из пахты производят полуфабрикаты белковые для производства плавленых сыров и других молочных продуктов. Пахта также применяется в производстве ЗЦМ.

В последние годы наблюдается рост интереса к разработке инновационных технологий переработки ВСР с целью повышения их ценности и минимизации отходов. Эти технологии включают:

- ферментация: преобразование лактозы в молочной сыворотке в полезные продукты, такие как молочная кислота, пробиотики и пребиотики.

- мембранная фильтрация: удаление примесей, таких как белки и жиры, из молочной сыворотки с целью получения более чистых и концентрированных ингредиентов.

- сушка: удаление влаги из ВСР, таких как молочная сыворотка, обезжиренное молоко и пахта, для продления срока хранения и облегчения транспорта.

- экстракция ценных компонентов: изоляция отдельных компонентов из ВСР, таких как белки, пептиды и биоактивные соединения, для использования в производстве функциональных продуктов питания, кормовых средств и фармацевтических препаратов.

Использование этих технологий позволяет превратить ранее отходы в ценные ресурсы, снижая экологическое воздействие молочной промышленности и повышая ее экономическую эффективность.

#### *Производство свежих напитков из пахты*

Создаются свежие напитки из пахты, полученной при изготовлении сладкосливочного масла. Также разработаны биопахта, напитки и коктейли, производимые с использованием чистых молочнокислых культур, включая бифидобактерии.

Биопахта обладает диетическими свойствами и эффективна при лечении желудочно-кишечных заболеваний. Диетические свойства биопахты определяются ее составом, низкой энергетической ценностью и наличием фосфолипидов.

Процесс производства «Биопахты» включает концентрирование и нормализацию, пастеризацию, внесение бактериальной закваски, заквашивание,

охлаждение, перемешивание, розлив, маркировку и доохлаждение готового продукта.

#### *Производство белкового полуфабриката из пахты.*

Процесс осуществляется при создании плавленых сыров и других молочных продуктов. Технологическая схема производства белковых полуфабрикатов из пахты приведена на рисунке 50.

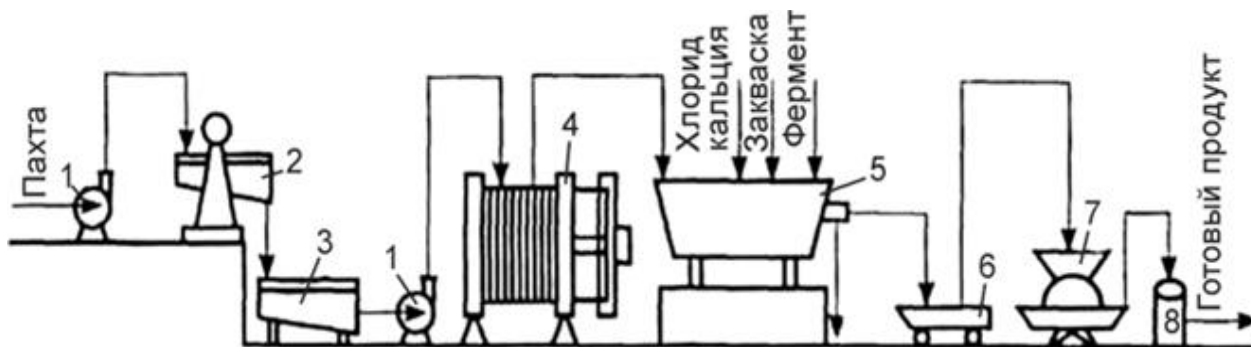


Рисунок 50 - Линия производства белковых полуфабрикатов из пахты:

1 – насосы; 2 – весы; 3 – промежуточный резервуар; 4 – пластинчатый теплообменник; 5 – ванна для отваривания сгустка; 6 – тележка; 7 – барабанный охладитель; 8 – тара

Для производства белковых полуфабрикатов из пахты, полученной при изготовлении сладкосливочного масла, применяются различные методы выделения белков, такие как кислотный, сычужно-кислотный или хлоркальциевый способы.

#### *Молочная сыворотка.*

Молочная сыворотка представляет собой побочный продукт производства сыра, творога или казеина. В зависимости от исходного продукта различают подсырную, творожную и казеиновую сыворотки. Эта жидкость является ценным источником ценных питательных веществ, включая белки, углеводы и минералы.

Физические и химические показатели сыворотки молочной приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Состав и свойства молочной сыворотки

| Показатели                   | Молочная сыворотка |           |            |
|------------------------------|--------------------|-----------|------------|
|                              | подсырная          | творожная | казеиновая |
| Сухое вещество, %            | 4,5-7,2            | 4,2-7,4   | 4,5-7,5    |
| В том числе:                 |                    |           |            |
| молочный жир                 | 0,05-0,5           | 0,05-0,4  | 0,02-0,1   |
| белок                        | 0,5-1,1            | 0,5-1,4   | 0,5-1,5    |
| лактоза                      | 3,9-4,9            | 3,2-5,1   | 3,5-5,2    |
| минеральные соли             | 0,3-0,8            | 0,5-0,8   | 0,3-0,9    |
| Кислотность°, Т              | 15-25              | 50-85     | 50-120     |
| Плотность, кг/м <sup>3</sup> | 1018-1027          | 1019-1026 | 1020-1025  |

### *Применение молочной сыворотки:*

- пищевая промышленность: производство молочного сахара (лактозы), который широко используется в производстве продуктов детского и диетического питания, медицинских препаратов, хлебопечении и кондитерских изделиях.

- промышленная переработка: сгущение и сушка сыворотки позволяют сохранить ее питательные свойства и продлить срок хранения. сухая и сгущенная сыворотка широко применяются в хлебопекарной, кондитерской, мясоперерабатывающей и комбикормовой промышленности.

- кормопроизводство: в комбикормовой промышленности молочная сыворотка используется в качестве заменителя цельного молока для молодняка сельскохозяйственных животных, а также как кормовая добавка в рационах кормления птицы и крупного рогатого скота.

- фармацевтическая промышленность: сывороточные белки (альбумин, глобулин) применяются при изготовлении медицинских препаратов, таких как инъекционные и инфузионные растворы, энтеральное питание[52].

### *Технологии переработки молочной сыворотки:*

Для сохранения ценных свойств молочной сыворотки ее необходимо перерабатывать в течение короткого времени (1-3 часа) после получения. Существуют различные технологии переработки, позволяющие использовать различные фракции сыворотки:

- сгущение: процесс удаления части воды из сыворотки путем выпаривания. сгущенная сыворотка имеет более высокую концентрацию питательных веществ и может использоваться в качестве подсластителя или добавки к различным продуктам питания.

- сушка: процесс удаления влаги из сыворотки с использованием специальных сушильных установок. сухая сыворотка представляет собой порошок, который может храниться длительное время и широко применяется в пищевой и кормовой промышленности.

- ультрафильтрация: процесс отделения белков сыворотки от других компонентов с использованием специальных мембран. ультрафильтрация позволяет получить концентрат сывороточных белков, который может быть использован в производстве спортивного питания, биологически активных добавок и медицинских препаратов[53].

Из сывороточных белков (в основном альбумин, глобулин) приготавливают альбуминное молоко, кисели, желе, альбуминный творог, сырки

### *Производство альбуминного творога.*

Альбуминный творог — это продукт, изготовленный из молочной сыворотки, сквашенной заквасками, содержащими молочнокислые стрептококки или ацидофильную палочку. Альбуминный творог отличается высоким содержанием белка и низким содержанием жира. Его рекомендуют употреблять в пищу людям, придерживающимся диеты, спортсменам и лицам, страдающим непереносимостью лактозы.

*Технология производства сгущенной молочной сыворотки:*

Для производства сгущенной молочной сыворотки используется сыворотка, полученная при производстве сыра или творога с массовой долей жира не более 0,2%. Процесс сгущения осуществляется путем выпаривания воды из сыворотки до достижения желаемой концентрации сухих веществ.

Технологическая схема производства сыворотки молочной сгущенной приведена на рисунке 51.

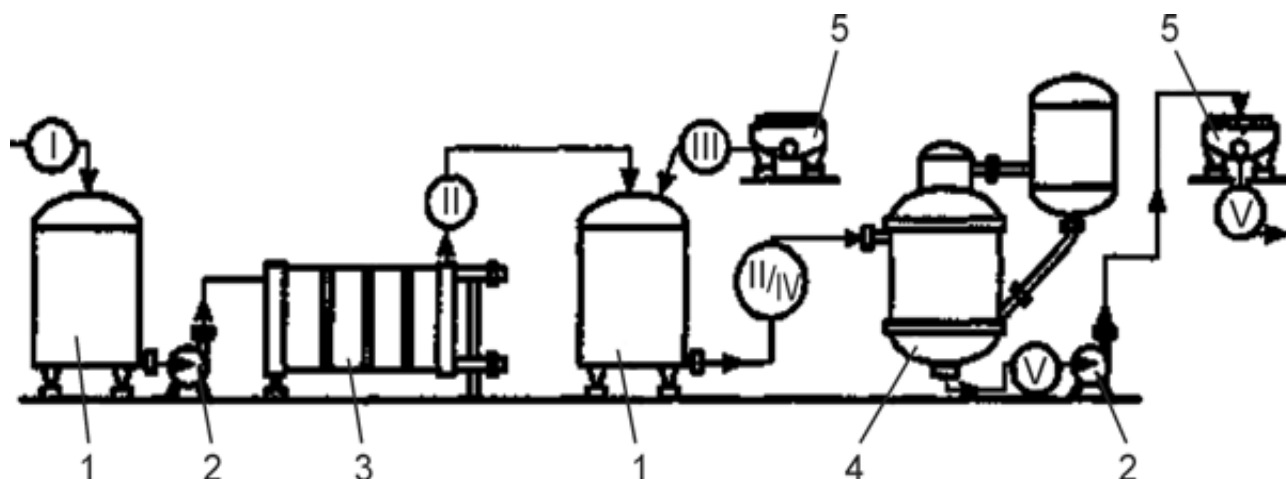


Рисунок 51 - Аппаратурно-технологическая схема производства сывороток молочной сгущенной и молочной концентрированной:

I – сыворотка исходная; II – сыворотка пастеризованная; III – закваска; IV – сыворотка сброженная; V – сыворотка сгущенная; 1 – резервуары; 2 – насосы центробежные;

3 – пастеризационно-охладительная установка; 4 – вакуум-выпарной аппарат;

5 – кристаллизатор

Сгущенная молочная сыворотка имеет более высокий уровень сладости и может быть использована в качестве подсластителя или добавки к различным продуктам, таким как выпечка, десерты и напитки.

*Производство сухой молочной сыворотки предусмотрено из несоленой подсырной, творожной, казеиновой кисломолочной сыворотки.*

Аппаратурно-технологическая схема производства сыворотки молочной сухой показана на рисунке 52.

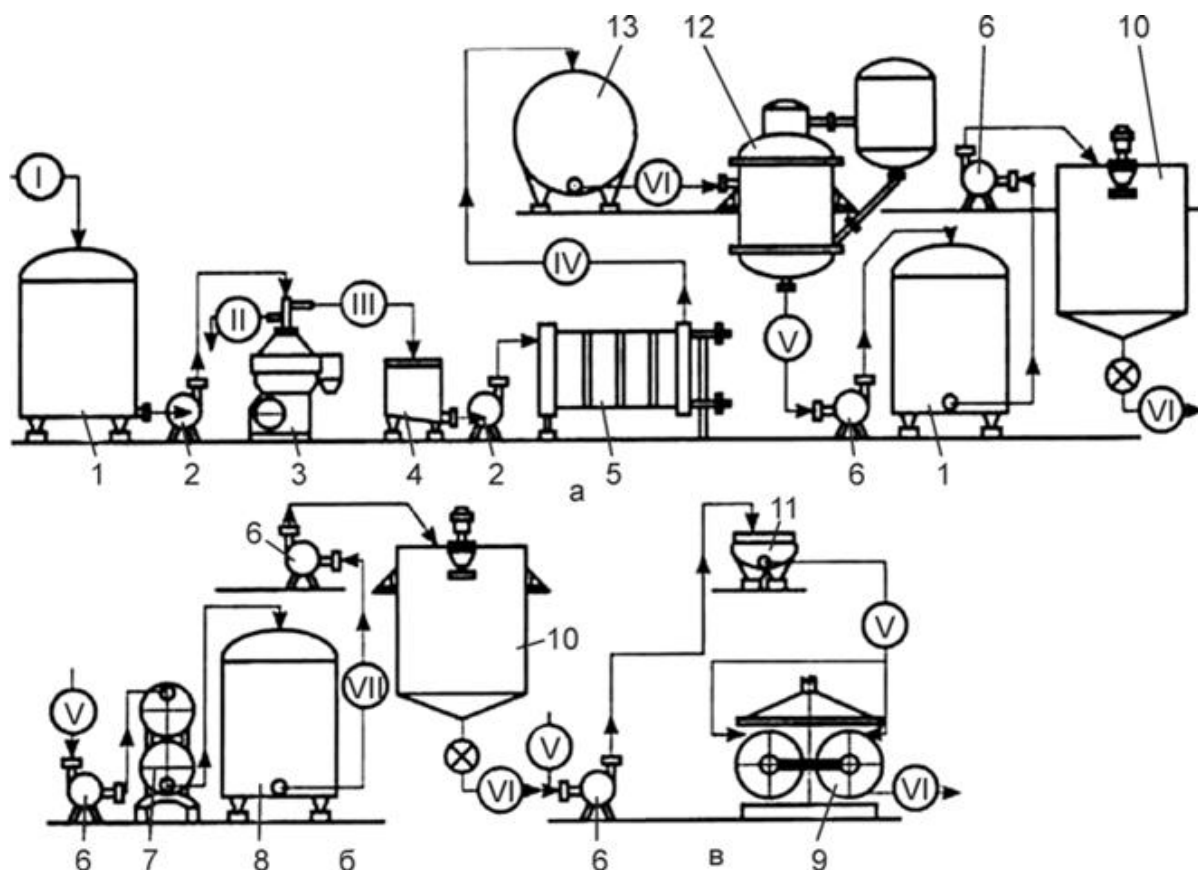


Рисунок 52 - Аппаратурно-технологическая схема производства сухой сыворотки:

а – сухой молочной распылительным способом; б – сухой молочной с предварительной частичной кристаллизацией лактозы; в – сухой подсырной пленочным способом;

I – сыворотка исходная; II – сливки; III – сыворотка обезжиренная; IV – сыворотка пастеризованная; V – сыворотка сгущенная; VI – готовый продукт; VII – сыворотка сгущенная с частично кристаллизованной лактозой; 1 – резервуар вертикальный; 2 – насосы центробежные; 3 – сепаратор; 4 – уравнильный бак; 5 – пастеризационно-охладительная установка; 6 – насосы ротационные; 7 – трубчатый охладитель; 8 – резервуар-кристаллизатор; 9 – сушильно-дробильный агрегат; 10 – распылительная сушильная установка; 11 – резервуар; 12 – вакуум-выпарной аппарат; 13 – резервуар горизонтальный.

Готовый продукт используется в качестве добавки белково-углеводной в пищевой промышленности, в комбикормах, при производстве заменителей цельного молока и других кормовых продуктах. Сыворотку сушат в распылительных и пленочных сушилках, а творожную и казеиновую только в распылительных установках. Сгущение сыворотки до различного содержания сухих веществ зависит от способа сушки:

- при пленочной сушке сухие вещества составляют  $19 \pm 1\%$ , плотность -  $1075 \pm 5$  кг/м<sup>3</sup>.

- при кондуктивной сушке с напылением вещества содержание сухих веществ составляет  $34 \pm 2\%$ .

- при распылительной сушке без предварительной кристаллизации лактозы -  $39 \pm 1\%$  сухих веществ.

- при распылительной сушке с предварительной кристаллизацией лактозы содержание сухих веществ для подсырной составляет  $52,5 \pm 2\%$ , а для творожной -  $48 \pm 2\%$

*Производство сыворотки, деминерализованной способом электродиализа.*

Для производства молочных продуктов используют деминерализованную сыворотку, сгущенную до содержания сухих веществ  $23 \pm 1\%$ , соответствующее плотности  $1080 \pm 5$  кг/м<sup>3</sup>. Для деминерализации сыворотки применяют электродиализ с использованием установок периодического действия с катионо- и анионо-селективными мембранами.

Последовательность операций при производстве деминерализованной сыворотки приведена на рисунке 53.

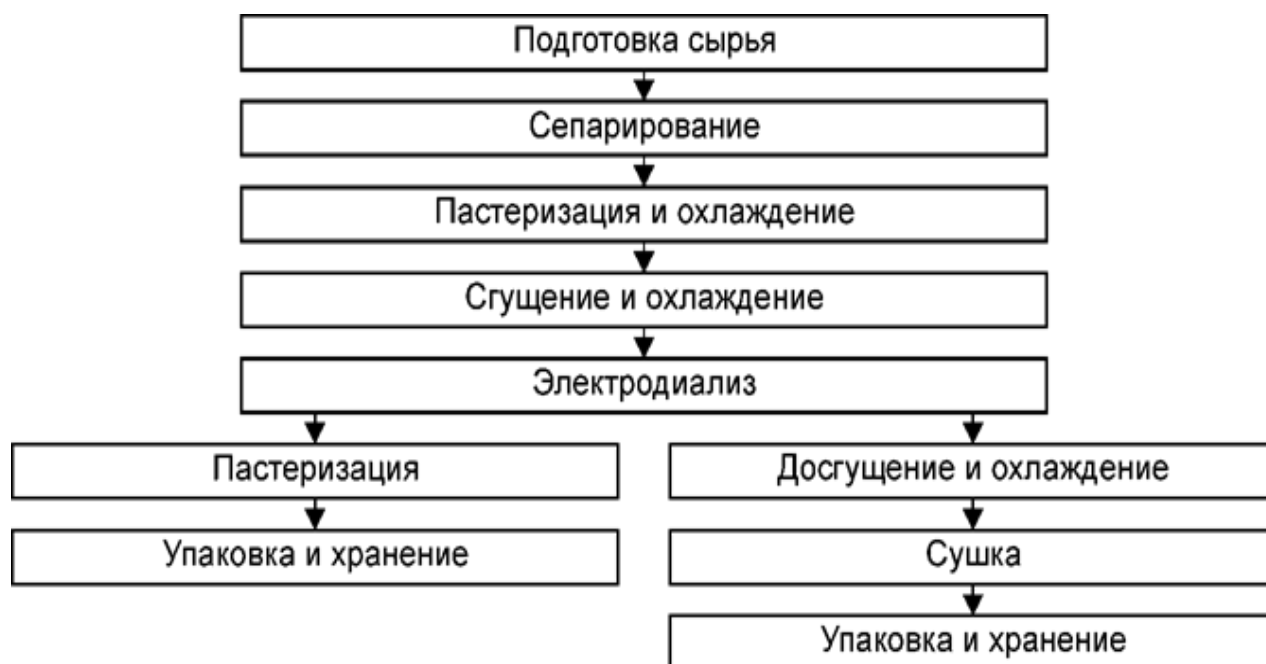


Рисунок 53 - Последовательность операций при производстве деминерализованной сыворотки

Уровень деминерализации составляет 70% или 90%, при этом массовая доля минеральных веществ не превышает 0,63% для 70%-ного уровня и 0,21% для 90%-ного. Для этой цели применяются электродиализные установки в промышленном масштабе (рис. 54).



Рисунок 54 - Промышленная электродиализная установка

Технологическая схема включает два параллельно соединенных модуля, насосную станцию с тремя центробежными насосами с магнитным соединением, фильтры, теплообменники для поддержания температуры деминерализации и концентрирования, системы вентилей и трубопроводы. Деминерализация снижает содержание минеральных веществ в сыворотке в 3,3 раза (70% уровень) и в 8,6 раза (90%), а кислотность сыворотки почти в 2 раза.

Использование нанофильтрационной установки для начального сгущения сыворотки более эффективно и менее энергоемко, чем вакуум-выпарная установка (в 10 раз).

Это позволяет сконцентрировать сыворотку до 20% сухих веществ и частично деминерализовать ее на 25%, снижая нагрузку на электродиализную установку и повышая эффективность работы.

*Подсырная сыворотка также может быть использована для производства этанола.*

Технологическая схема производства этанола из подсырной сыворотки представлена на рисунке 55.

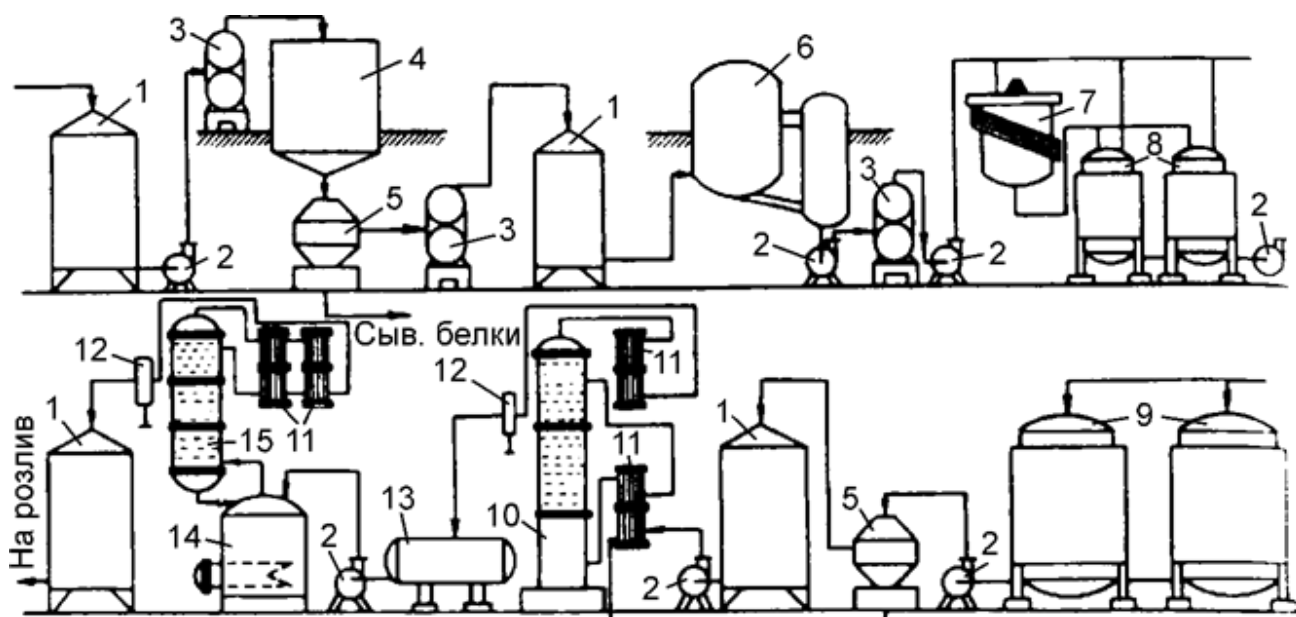


Рисунок 55 - Технологическая схема производства этанола из подсырной сыворотки:

1 – балансные емкости; 2 – насосы; 3 – теплообменники трубчатые; 4 – танк-ванна для отваривания альбумина; 4– сепараторы; 5-очистители саморазгружающиеся; 6 – вакуум-выпарной аппарат; 7 – заквасочник для приготовления первичной закваски; 8 – ферментеры для приготовления производственной закваски; 9 – бродильные чаны; 10 – перегонная колонна; 11 – дефлегматоры, конденсаторы; 12 – контрольные приборы; 13 – емкость для бражного дистиллята; 14 – куб ректификационной колонны; 15 – ректификационная колонна

Сначала производится тепловая коагуляция сыворотки, выделение сывороточных белков и осветление сыворотки в трубчатом теплообменнике. Затем в осветленную сыворотку добавляют дрожжевой концентрат и проводят активизацию дрожжевой закваски, заквашивают и сбраживают лактозу, получая бражку, из которой выделяют биомассу дрожжей. Биомасса дрожжей подвергается тепловой обработке. Осветленная бражка подвергается перегонке и ректификации, в результате чего получается этанол и барда. Общая производительность линии составляет 20 тысяч даллонов спирта в год.

Таким образом, молочная сыворотка является ценным побочным продуктом переработки молока, содержащим множество питательных веществ. Ее использование в различных отраслях промышленности позволяет максимально использовать все ее компоненты и сократить пищевые отходы.

## 11 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ХЛЕБОПЕКАРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

К отходам хлебопекарного и макаронного производства относятся: мучной смет, собранный в производственных цехах и на мучных складах, мучной выбой от вытряхиваемых мешков, хлебная крошка, отходы от зачистки тестомесильных и тесторазделочных агрегатов.

На хлебозаводах рядом с производственными помещениями, как правило, выделяется специальное помещение или площадка для сбора и временного накопления хлебных отходов, передаваемых для дальнейшего использования.

Реализуемые хлебные отходы собираются и хранятся в специальной таре – мешкотаре или другой. Вывоз отходов осуществляется по мере их накопления.

Кроме реализуемых отходов, в отрасли также образуется производственный и экспедиционный брак.

К производственному браку относятся изделия, забракованные контролирующими службами внутри и вне предприятия по физическим и органолептическим показателям, не соответствующие требованиям стандартов и технических условий.

К экспедиционному браку относятся изделия, забракованные и возвращенные из торговой сети с признаками повреждений при погрузочно-разгрузочных работах или транспортировании (деформированные, подмоченные, ломаные), а также хлеб с истекшим сроком реализации.

Отходы хлебопекарного и макаронного производств относятся:

- по происхождению – к растительным;
- по агрегатному состоянию – к твердым;
- по технологическим стадиям получения – к образуемым при первичной переработке сырья в мукопросеивательном отделении, на стадии разделки, выпечки, складирования;
- по материалоемкости – к малотоннажным;
- по воздействию на окружающую среду – к безвредным, нетоксичным.

При мойке оборудования, инвентаря и др. образуются технологические водные сбросы предприятий хлебопекарной промышленности. Сточные воды хлебозаводов по составу загрязнений и содержанию биохимически разлагающихся органических веществ близки к бытовым водам и могут очищаться совместно с ними на общегородских очистных сооружениях. Производственные сточные воды смешиваются с хозяйственно-бытовыми стоками и сбрасываются в канализацию [54].

На рисунке 56 представлена схема переработки первичного сырья (муки) хлебопекарной промышленности с выходом всех отходов производственного цикла.

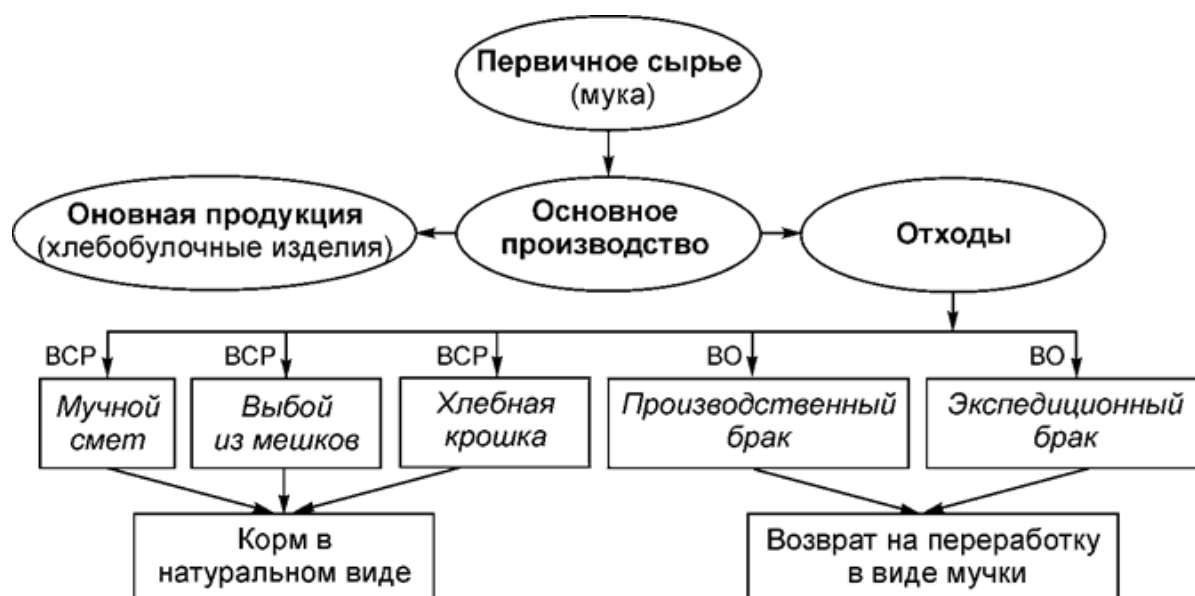


Рисунок 56- Схема образования ВСП и отходов в хлебопекарной отрасли

Отходы хлебопекарного и макаронного производства полностью используются на кормовые цели в животноводстве и птицеводстве в чистом виде или в качестве добавок к комбикорму.

Брак производственный и экспедиционный без микробиологической порчи и плесени возвращается в производственный цикл на переработку.

Из отходов хлебопекарного производства готовят полуфабрикаты, которые добавляют в тесто при изготовлении новой продукции. Это разрешенная технология, которая улучшает потребительские свойства некоторых видов хлеба.

Нарушение технологического процесса в хлебопекарной промышленности приводит к получению продукции, утратившей органолептические качества [55].

Бракованный хлеб причислен к возвратным отходам, которые разрешено использовать повторно. Категория заводского брака и магазинного возврата без признаков порчи считается доброкачественной. Из поступившей партии делают полуфабрикаты:

- лебную мочку;
- сухарную или хлебную крошку.

Отходы в виде сухарной крошки используются для:

- смешивания с мукой при производстве изделий;
- переработки в готовый продукт;
- посыпки транспортерных лент при изготовлении подового хлеба;
- для добавления в продукцию пищевой отрасли, как альтернативы адгезионного материала;
- получения энергетически ценных кормов, вводимых в рацион сельскохозяйственных животных;
- удобрения почвы (вносится сразу или после компостирования).

### *Использование хлебной мочки*

Хлебную мочку получают из предварительно замоченного хлеба с водой или молочной сывороткой в соотношении 1:2. Чтобы приготовить полуфабрикат, образовавшуюся массу пропускают через мочкопротирочную машину. В продукте массовая доля влаги составляет 75—80%. Смесь по мере необходимости в рассчитанном объеме (2,5—10%) вводят в тесто из ржаной муки. В изделия на основе муки высшего сорта мочку добавлять нельзя из-за свойства вызывать потемнение мякиша и увеличение кислотности.

Хлебная крошка должна использоваться в основном как добавка в тесто («мочка») в хлебовыпекающих организациях или для изготовления кваса.

Для хлебной крошки измельчают не высушенный хлеб, а для сухарной его нарезают и предварительно подсушивают. В аппаратах молоткового и валкового типа кусочки дробят и пропускают через сетку с ячейками 3—4 мм. Полуфабрикат лучше проявляет себя в опаре, так как частицы при ее созревании набухают и в готовом продукте мало заметны.

После просмотра крошки и отделения крупных примесей (вручную) крошку подсушивают в духовых шкафах при невысокой температуре (до 105°) в течение 4—6 часов, время от времени помешивая крошку.

Высушенную крошку измельчают скалкой приблизительно до размеров крупинок манной крупы. Измельченную сухую крупку просеивают через два-три сита.

Примеси (волокно мешковины, обрывки бумаги и т. п.) при просеивании остаются вместе с наиболее крупными частицами на первом сите и легко отделяются отвеиванием. Оставшиеся крупные крошки снова растирают и просеивают.

Сухарная крошка до очистки содержит до 2,5% золы, а после очистки — не более 1%, что соответствует количеству золы в сухарях.

Мелкий остаток крошки, проходящий через частое сито, содержит до 3,8% золы. Этот остаток содержит измельченную до состояния муки крошку, песок, пыль. Почти все количество песка и пыли, распределенное во всей крошке, концентрируется в последних высевах.

Высокая зольность этих высевок затрудняет переработку отходов для пищевых целей, поэтому, когда общее количество загрязненных высевок сухарной муки незначительно, следует использовать их на кормовые цели.

Основную массу сухарной крошки после просеивания можно использовать как наполнитель в конфетах и как замену муки в тесте (от 4—5 % для обычного теста и до 30 % в тесте для пряников и коврижек),

В кулинарных изделиях сухарная мука может быть использована для паштетов и форшмака (как замена хлеба), для изготовления кваса и для обвалки и подсыпки при обжарке и запекании кулинарных изделий.

Хранить высушенную и очищенную крошку следует в плотно закрытых жестяных банках, так как она быстро усваивает влагу из воздуха [56].

## 12 ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛОДООВОЩНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В плодоовощной отрасли используется многообразное сырье растительного происхождения – более 300 наименований. Плодоовощная промышленность выпускает широкий ассортимент консервированной продукции, которую можно разделить на три группы: овощная, томатная и фруктовая. К овощным консервам относятся закусочные, заправочные, натуральные, маринады, соки овощные; к томатным – томатная паста и пюре, соус, томатный сок; к фруктовым – компоты, варенье, джемы, повидло, конфитюры, пюре, соки фруктовые.

В процессе производства основной продукции в отрасли образуются ВСР и отходы производства: томатные и яблочные вытерки, яблочные и виноградные выжимки, томатные семена, плодовые косточки, очистки картофеля, моркови, свеклы, кабачков, баклажан, створки зеленого горошка, покровные листья капусты, выжимки темноокрашенных ягод [57].

Принципиальная схема образования и использования вторичных сырьевых ресурсов и отходов плодоовощной отрасли представлена на рисунке 57.

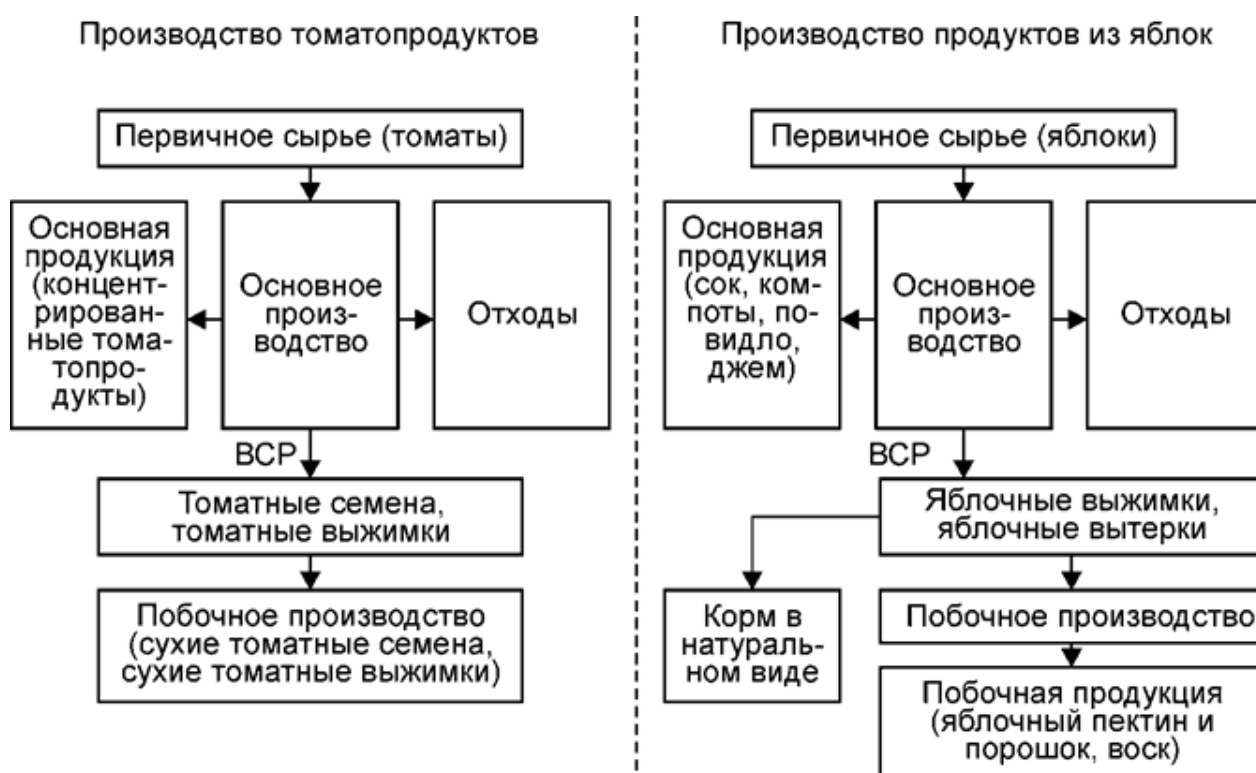


Рисунок 57 - Схема образования ВСР и отходов в плодоовощной отрасли

Основным классификационным признаком ВСР и отходов является стадия технологического процесса (очистка, протирание, прессование, резка, просеивание), на которой происходит их получение.

Вторичные сырьевые ресурсы плодоовощной отрасли:

- по агрегатному состоянию являются твердыми;
- по материалоемкости относятся к малотоннажным ресурсам;
- степень использования — полная, исключение составляют отходы темноокрашенных плодов и ягод;
- воздействие на окружающую среду — безвредное, однако отходы являются скоропортящимся сырьем и нуждаются в быстрой переработке или утилизации.

По биохимическому составу содержат белковые и минеральные вещества, углеводы, большое количество витаминов и микроэлементов.

Вторичные сырьевые ресурсы плодоовощной отрасли могут составлять от 5 до 85% от исходной массы перерабатываемого сырья. Их вид зависит от типа сырья и метода его обработки. Например, при переработке зеленого горошка отходы могут достигать 80%, при выпуске продуктов питания из картофеля — 30-40%, закусочных консервов — в среднем 12%, а концентрированных томатопродуктов — 4-5%.

От 65 до 85% всех вторичных сырьевых ресурсов отрасли вовлекаются в хозяйственный оборот. Часть отходов и вторичных ресурсов используется как удобрения и семенной материал. Большая часть (до 70%) направляется на корм сельскохозяйственных животных и птицы. Приблизительно 30% отходов плодоовощной отрасли перерабатывается на промышленную продукцию.

Из отходов переработки плодов и овощей на консервных заводах, некондиционного сырья и вторичных ресурсов получают различные продукты, такие как пектин, фруктовые и овощные порошки, пюре, сухие выжимки, ароматические вещества, красители, этиловый спирт, биохимический уксус, кормовые брикеты, заливочные жидкости, крахмал, углеводы, лечебно-профилактические препараты и другие. Эти продукты могут быть произведены на заводах отрасли или направлены в другие промышленные производства, например, томатное масло или абразивные вещества из плодовой косточки[58].

Схема направлений переработки отходов и вторичного сырья плодоовощного производства представлена на рисунке 58.



Рисунок 58 - Схема использования побочных продуктов и отходов плодоовощного производства

### ***Технологии переработки ВСР и отходов***

Приоритетным условием переработки плодоовощного сырья является комплексное его использование с поэтапным извлечением всех ценных компонентов. На практике данный принцип реализуется путем внедрения комплексных (безотходных) или малоотходных технологий.

В таблице 18 представлены безотходные технологические проекты, реализуемые в плодоовощной отрасли.

Таблица 18 - Комплексные технологии переработки плодоовощного сырья и вторичных ресурсов отрасли

| Технология                                                             | Эффект                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Комплексная переработка плодов бахчевых культур                        | Безотходная переработка сырья: семена используют как посевной материал или для производства лечебно-профилактических препаратов; из корок производят цукаты; из мякоти плодов – порошок, пюре, джемы, повидло; сок используется в свежем виде                                                      |
| Комплексная переработка арбузов                                        | Получение арбузных дистиллянтов из некондиционных плодов и излишков урожая                                                                                                                                                                                                                         |
| Комплексная переработка чеснока                                        | Получение из вторичного сырья и отходов продуктов с регулируемым содержанием биологически активных веществ профильного назначения                                                                                                                                                                  |
| Комплексная переработка ревеня                                         | Получение из вторичного сырья модифицированного, сохраняющего целостность растительных волокон при дальнейшей термообработке, полуфабриката из ревеня                                                                                                                                              |
| Безотходная переработка растительного сырья с участием микроорганизмов | Получение биологически ценных молочно-кислых заквасок из соковых выжимок                                                                                                                                                                                                                           |
| Переработка отходов свеклы столовой                                    | Производство пищевых красителей, порошковых ингредиентов для пищевой промышленности                                                                                                                                                                                                                |
| Переработка твердых отходов растительного сырья                        | Производство сорбентов для очистки водных растворов от тяжелых металлов и органических красителей, сорбентов для выведения тяжелых металлов из организма сельскохозяйственных животных при скормливании.                                                                                           |
| Изготовление консервов из вторичного сырья                             | Изготовление консервов с добавлением других компонентов в виде пюре и паст                                                                                                                                                                                                                         |
| Утилизация семян граната                                               | Получение нетрадиционного растительного масла                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Безотходная комплексная технология переработки плодов граната          | Из выжимок граната получают биопрепарат сироп-красителя «Гранат», который используют в качестве коньячной основы. Из семян и корок получают муку, затем масло, используемое в косметике. Спиртовой экстракт из выжимок применяют в качестве добавок к зубной пасте, шампуням, кремам для рук и ног |
| Утилизация виноградных косточек                                        | Получение нетрадиционного растительного масла                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Переработка плодов и отходов шиповника, малины, калины                 | Получение биологически активных компонентов                                                                                                                                                                                                                                                        |

На рисунке 59 представлена базовая схема комплексной переработки яблок и груш.

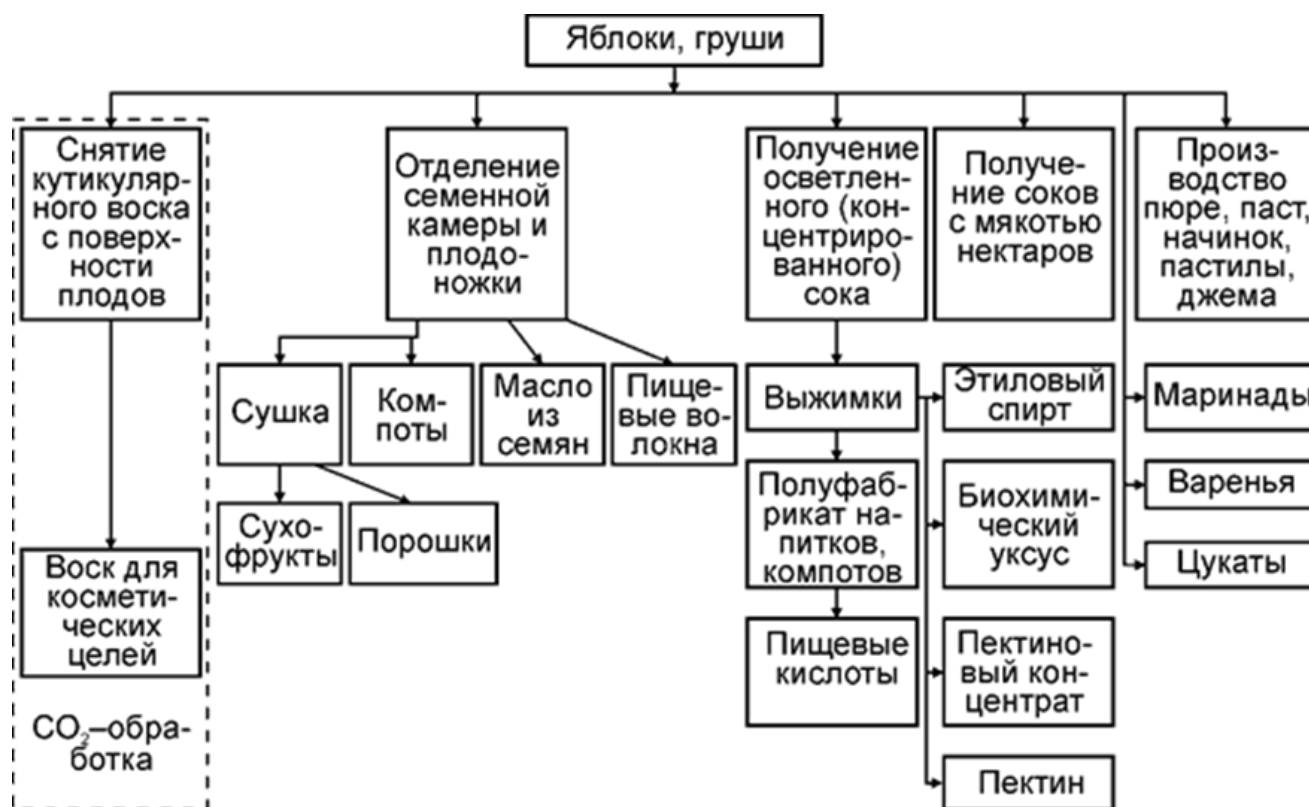


Рисунок 59 - Схема комплексной переработки яблок и груш

Технология для комплексной переработки сырья включает подачу сырья в моечную машину, затем в электроплазмоллизатор, дробилку и шнековый пресс. Пройдя экстрактор и бланширователь, сырье попадает в декантер и сепаратор.

Снятие кутикулярного слоя (воска) с поверхности яблок и груш газообразной двуокисью углерода ускоряет процесс последующей сушки плодов в 1,5-1,7 раза.

Бескислотное и бесспиртовое получение пектина и пектиновых концентратов позволяет увеличить использование яблочных выжимок.

Извлечение масла из семян и ароматических веществ из выжимок осуществляется на экстракционном модуле, экстрагентом в котором является жидкая двуокись углерода.

В технологическую схему переработки яблок и груш входят также горизонтальный лопастной экстрактор для получения диффузионных соков из выжимок, роторный металлокерамический микро-и ультрафильтр, вакуумный концентратор, машины для резки и удаления сердцевин груш и яблок.

В линии для получения диффузионных соков из сырья и выжимок установлены электроплазмоллизатор и пресс-стекатель в экстрактор. Оборудование можно использовать как для целого сырья, так и для выжимок после отпрессованного сока. Безотходность технологии достигает 90-95%. В

связи с высокой кислотностью и отрицательным влиянием на обмен веществ, скармливание свежих яблочных выжимок сельскохозяйственным животным нежелательно [59].

Силосование яблочных отходов для снижения их кислотности дает положительные результаты, но требует крупных капитальных хранилищ. Сушка отходов на агрегатах АВМ с последующим гранулированием также эффективна. Благодаря компактной форме гранул можно сократить складские помещения, механизировать процесс раздачи корма и уменьшить потери продукта при транспортировке. Однако термические методы обработки отходов требуют значительных энергозатрат.

*Разработана технология прессования яблочных выжимок*, которая обеспечивает максимальную сохранность питательных веществ при минимальных энергозатратах. Основным оборудованием технологической линии являются шестеренчатые грануляторы с зубчатыми колесами. Эти грануляторы отличаются устойчивым процессом формирования гранул (брикетов), компактностью и низким уровнем энергоемкости как при гранулировании (до 36-40 кДж/кг), так и при брикетировании (до 80 кДж/кг) смесей. Для снижения влажности яблочных выжимок в кормовой смеси рекомендуется добавлять компоненты с пониженной влажностью, такие как солома (с влажностью 11,5%), измельченная на мельнице фуражная пшеница (10%) и другие ингредиенты.

*Плодоовощные отходы являются хорошим исходным сырьем для производства биоэтанола.*

В частности, в биоэнергетике может использоваться сок бракованных и некондиционных арбузов. Около 20% арбузов каждый год остается в поле из-за повреждений поверхности или неправильной формы. Сок арбузов является источником легкоферментируемых сахаров, сбраживаемых для производства биоэтанола. Подсчеты ученых показали, что при технологическом процессе, позволяющем получить 0,4 г этилового спирта из 1 г сахара, с 1 га бахчи можно собрать 220 л этанола. Кроме того, арбузный сок является источником природного красного красителя ликопина, обладающего антиоксидантными свойствами, а также аминокислоты L-цитрулина – популярной биологической добавки к пище.

*Перспективным направлением переработки отходов плодоовощной отрасли является производство на их основе диспергированных продуктов.* Данные технологии относятся к глубокой переработке растительного сырья и включают в себя производство порошков, пюре, паст, соусов.

Порошки из плодов и овощей широко используются в качестве пищевых и вкусовых добавок, красителей натурального происхождения. Комплекс биологически активных веществ, содержащийся в порошках, существенно повышает пищевую ценность продуктов, изготовленных с их включением.

На рисунке 60 представлена технология получения красных пищевых красителей из выжимок темноокрашенных плодов и ягод.

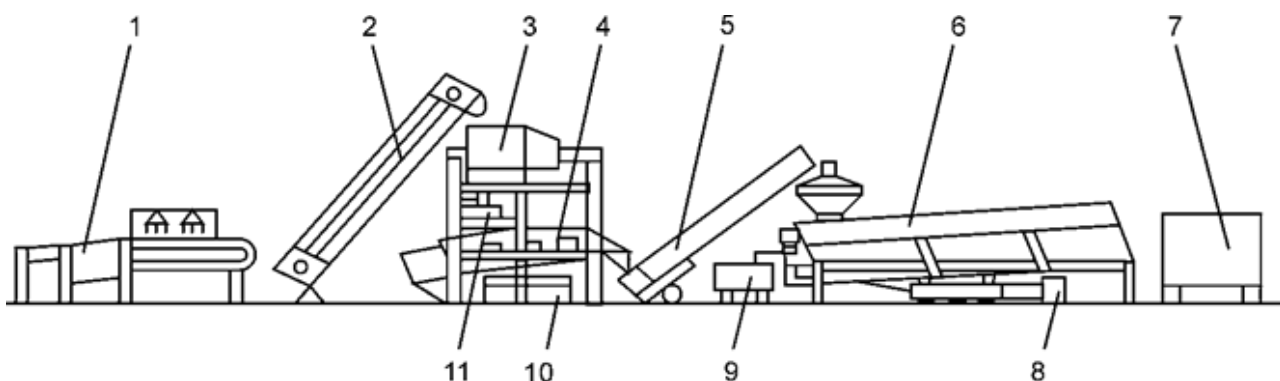


Рисунок 60- Схема линии для малоотходной переработки  
темноокрашенного плодово-ягодного сырья:

- 1 – моечно- инспекционный сетчатый транспортер; 2 – скребковый транспортер;  
3 – электроплазмоллизатор; 4 – пресс-стекатель; 5 – шнековый транспортер;  
6 – экстрактор; 7 – емкость; 8 – установка для нагревания воды; 9-10 – емкости;  
11 – дробилка

С целью увеличения выхода жидкой фракции из выжимок ягод и плодов производят контактную обработку сырья электрическим током – электроплазмоллиз. В результате повреждаются цитоплазматические оболочки растительной ткани, что на 5-20% увеличивает сокоотдачу при последующем прессовании и экстрагировании сырья. В качестве одного из способов повышения эффективности экстрагирования возможно использование механических колебаний низкочастотных или ультразвуковых. Выход экстрактивных веществ по данной технологии составляет 80-90% и более от исходного содержания компонентов в выжимке.

### ***Современные технологии производства красителей и порошкообразных продуктов из плодовоовощного сырья***

*Производство натуральных порошковых концентратов из томатов путем низкотемпературного обезвоживания в вакууме (НОВ).* Обеспечивает кипение и испарение воды в вакууме при температуре 20-50°C. При этом происходит фракционирование жидкой массы на чистую воду, твердое (сухое) вещество влажностью до 1% и газообразный экологически безопасный выхлоп

*Производство пищевых порошков.* Концентрирование продукта достигается воздействием диоксида углерода, азота или закиси азота с расходом ниже критического значения. Упаривание происходит во вращающемся барботажном слое, процесс интенсифицируется генерируемым потоком теплоносителя и ультразвуковыми колебаниями. Распылительная сушка также происходит в поле ультразвуковых колебаний

*Производство быстро растворимых порошков из растительного сырья.* Используется комбинированный способ сушки. Инстант – порошок характеризуется улучшенной восстанавливаемостью при получении целого продукта в отличие от традиционных технологий

*Производство натуральных пищевых красителей с использованием ферментативного катализа.*

Предобработка сырья ферментным комплексом целловеридин – пектофоеитидин 3:1 обеспечивает более высокий выход красящих веществ.

Представленные технологии обеспечивают щадящие рабочие условия для сырья: снижают или полностью исключают воздействие высоких температур, полнее используют сырьевой ресурс, обеспечивают максимальное сохранение полезных свойств растительного материала.

### ***Отходы переработки картофеля***

При подготовке сырья для производства картофелепродуктов (мойка, инспекция, очистка от кожуры, доочистка, резка, бланширование, варка) образуется значительное количество отходов. Количество отходов зависит от качества сырья и используемого метода очистки (механический, термический, химический). При механической очистке образуется более 60% отходов, в то время как при паровом способе очистки этот показатель составляет 48%.

По биохимическому составу отходы переработки картофеля являются ценным исходным сырьем. Химический состав отходов картофеля к массе сухих веществ, %: крахмал – 56,80; азотистые вещества – 0,59; клетчатка – 6,99; минеральные вещества – 15,5; растворимые углеводы – 2; прочие вещества – 18,12.

При выработке продукции отходы получают в виде некондиционных клубней, кожуры, мезги, кусочков картофеля в виде срезов с клубней, полуклейстеризованных очисток после пароводотермической обработки картофеля[60].

Основным направлением использования отходов картофеля является кормовое. Часть получаемых отходов может быть использована для производства пищевых продуктов.

Отходы картофеля содержат значительное количество крахмала и могут использоваться для его производства. Так, количество крахмала, которое может быть получено при переработке некондиционного картофеля после калибрования, механической чистки клубней, отходов доочистки и инспекции, отходов, образованных при промывании резаного картофеля, составляет от 0,34 до 5,47 т в сутки.

Оставшаяся после извлечения крахмала мезга отжимается на прессе и также используется на корм скоту.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Воротников И.Л., Петров К.А., Кононыхин В.В. Ресурсосберегающее развитие перерабатывающих отраслей АПК // Экономика с.-х. и перераб. предприятий. – 2010. – №10. – С. 21-23.
2. Глаголева Л.Э., Родионова Н.С., Зацепилина Н.П. Сорбционные свойства пищевых волокон вторичных продуктов переработки растительного сырья в молочно-белковых пищевых системах // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 12. – С. 36-38.
3. Карнаухов И.Е., Нижник Н.Н. Состояние и обоснование перспективы развития ресурсосберегающей технологии производства кормов из вторичных сырьевых ресурсов (ВСР) // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета. – М., 2008. – № 4. – С. 126-128.
4. Рукина И. М. и др. Технологии рециклинга в пищевой и перерабатывающей промышленности // Микроэкономика. – 2018. – №. 3. – С. 18-26.
5. Лебедев Е.И. Безотходные технологии пищевых производств – М: Пищепромиздат. – 2002. – 352 с.
6. Голубев И.Г., Шванская И.А., Коноваленко Л.Ю., Лопатников М.В. Р 45 Рециклинг отходов в АПК: справочник. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 296 с. ISBN 978-5-7367-0874-1
7. Остриков В.В., Тупотилов Н.Н., Матыцин Г.Д., Зимин А.Г. Технологии получения смазочных материалов из растительных продуктов // Техника в сел. хоз-ве. – 2009. – № 5. – С. 32-35.
8. Кузнецова Н. А., Зинич Л. В. Вторичная переработка отходов как фактор устойчивого развития сельскохозяйственных предприятий // Фундаментальные исследования. – 2021. – №. 11. – С. 120.
9. Булаткин Г. А. Производство биотоплива второго поколения из растительного сырья // Вестник Российской академии наук. – 2010. – Т. 80. – №. 5-6. – С. 522-527.
10. Дворецкий С. И. и др. Производство биодизельного топлива из органического сырья // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2012. – №. S2. – С. 126-135.
11. Марченко В. И. и др. Установки для производства биогаза // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. – 2012. – С. 199-207.
12. Карпова Г.В., Зайнутдинов Р.Р. Переработка аспирационных отходов зерноперерабатывающих предприятий в кормовые дрожжи // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 7. – С. 76-79.
13. Тихонравов В.С. Глубокая переработка зерна // Техника и оборуд. для села. – 2011. – № 2. – С. 34-37.
14. Никифорова Т.А., Куликов Д.А. Вторичные сырьевые ресурсы крупной промышленности и возможные пути их рационального использования // Интеграция аграрной науки и производства: состояние,

проблемы и пути решения: матер. Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием в рамках XVIII Междунар. специализированной выставки «АгроКомплекс-2008». – Ч. IV. – С. 241-244.

15. Горохов Д.Г., Бабурина М.И., Иванкин А.Н. Переработка жировых отходов в биодизельное топливо // Масложировая пром-сть. – 2010. – № 5. – С. 36-38.

16. Губанов А.В., Почерников В.И. Научно-теоретические аспекты использования продуктов масложировой отрасли при производстве биодизеля // Масла и жиры. – 2006. – № 7. – С. 8-9.

17. Еремченко В.В., Шевцов А.А., Лыткина Л.И. и др. Использование отходов производства растительного масла в технологии комбикормов// Масложировая пром-сть. – 2006. – № 3. – С. 58-60.

18. Негоица А.С. Производство растительных белков из шрота масличных: матер. VI Междунар. конф. «Масложировой комплекс России: новые аспекты развития». (Международная промышленная академия, 7-9 июня 2010 г.). – М.: Пищепромиздат, 2010. – С. 84-85.

19. Рудаков О.Б., Глазков С.С., Скрипченков А.В. Подсолнечная лузга – сырье для получения строительных материалов // Масла и жиры. – 2008. – № 1. – С. 18-19.

20. Ланецкий В.А. Рациональное использование лузги масличных культур // Масложировая пром-сть. – 2009. – № 5. – С. 22-23.

21. Филатов О.К., Паронян В.Х., Скрябина Н.М. Инновационные процессы в масложировой промышленности. – М.: Пищепромиздат, 2003. – 172 с.

22. Дадашев М.Н., Кобелев К.В., Филенко Д.Г. и др. Экологические аспекты переработки отходов пивоваренного производства // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. – № 9. – С. 8-10.

23. Будакова Э.Д., Миронова И.В., Нигматьянов А.А. Применение отходов пивоварения в производстве комбикормов // Интеграция аграрной науки и производства: состояние, проблемы и пути решения: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием в рамках XVIII Междунар. специализированной выст. «АгроКомплекс – 2008». – Ч. IV. – С. 211-214.

24. Савоськин В.Д. Переработка или утилизация после спиртовой барды. // Комбикорма. – 2010. – № 4. – С. 30.

25. Зуева Н. В., Долгов А. Н., Агафонов Г. В. Сравнительный анализ технологий по утилизации отходов на спиртовых и пивоваренных заводах //Перспективы развития науки и образования. – 2013. – С. 46-47.

26. Бубнов Р. С., Беликов Р. П. Утилизационная установка для переработки отходов предприятий спиртовой промышленности //Ресурсосберегающие технологии при хранении и переработке сельскохозяйственной продукции. – 2021. – С. 68-70.

27. Голуб Н. Б. и др. Получение биогаза при очистке концентрированных сточных вод спиртзавода //Альтернативная энергетика и экология. – 2018. – №. 25-30. – С. 51.

28. Поляков В. А., Римарева Л. В. Научное обеспечение инновационного развития спиртовой и ликероводочной отраслей на пути интегрирования в мировую экономику //Современные биотехнологические процессы, оборудование и методы контроля в производстве спирта и ликероводочных изделий. – 2015. – С. 3-9.

29. Тамова М. Ю. и др. Современные технологии получения пищевых волокон из вторичных продуктов переработки растительного сырья //Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2018. – №. 5-6. – С. 9-13.

30. Римарева Л. В., Лозанская Т. И., Худякова Н. М. Использование отходов и ВСР спиртовой отрасли в технологии кормовых дрожжей //Биотехнология в интересах экономики и экологии Сибири и Дальнего Востока: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции. Улан-Удэ. – 2016. – С. 98.

31. Волкова С. Н., Потемкин С. Н. Роль безотходного производства предприятий АПК //Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2011. – Т. 2. – №. 2. – С. 21-23.

32. Лукин Н. Д. и др. Глубокая переработка крахмалсодержащего сырья: современное состояние и перспективы устойчивого развития //Пищевая промышленность. – 2021. – №. 11. – С. 30-41.

33. Степанова И., Степанов А. Утилизация отходов агропромышленного комплекса. – Litres, 2022.

34. Кирюхин С. А. Анализ особенностей экологических аспектов пищевой промышленности //Современные исследования в науках о Земле: ретроспектива, актуальные тренды и перспективы внедрения. – 2021. – С. 60-66.

35. Салтык И.П. Ресурсосберегающие, экологически безопасные технологии переработки отходов свеклосахарной промышленности [Текст] // Сахарная свекла. – 2006. – № 6. – С. 7-11.

36. Протасова М. В. и др. Перспективные направления использования отходов сахарного производства //Auditorium. – 2016. – №. 2 (10). – С. 32-41.

37. Девина М. В. и др. Направления использования вторичных отходов свеклосахарного производства //Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК–продукты здорового питания. – 2017. – №. 5 (19). – С. 132-141.

38. Зелепукин Ю. И., Зелепукин С. Ю. Переработка отходов свеклосахарного производства //Сахар. – 2022. – №. 2. – С. 26-31.

39. Черикова Д. С., Шамыралиев Ж. Д. Перспективные направления безотходного производства в сахарной промышленности Кыргызской Республики //Проблемы современной науки и образования. – 2021. – №. 4 (161). – С. 48-51.

40. Афанасьев П. И. и др. Эффективность использования отходов крахмало-паточного производства в рационах молодняка крупного рогатого скота //Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2005. – Т. 1. – №. 5-1. – С. 129-131.

41. Михайленко А. А. и др. Перспективные патенты крахмалопаточной промышленности //Пищевая промышленность. – 2020. – №. 5. – С. 44-49.
42. Иванов А. Д., Мачнева Н. Л. Применение отходов крахмалопаточного производства в производстве кормов для сельскохозяйственной птицы //Инновационные направления интеграции науки, образования и производства. – 2020. – С. 94-95.
43. Файвишевский М.А. Переработка кости на мясоперерабатывающих предприятиях // Мясная индустрия. – 2010. – №1. – С. 62-65.
44. Разработки института. Переработка малоценного сырья потрошения птицы. – Ржавки: ГУ ВНИИПП, 2008. – 20 с.
45. Гарзанов А.Л., Дорофеева О.А. Опыт очистки стоков мясоперерабатывающих предприятий // Мясная индустрия. – 2010. – № 2. – С. 48-51.
46. Зуева С.Б., Ильина Н.М., Епифанова А.А. Экозащитные технологии очистки сточных вод предприятий мясной отрасли // Мясная индустрия. – 2009. – № 12. – С. 44-46.
47. ЛУКАШЕНКО В. и др. Гидролизат пера и мясо-костного остатка: источник белка для бройлеров //Животноводство России. – 2019. – №. S3. – С. 39-40.
48. Нагорнов С. А. и др. Инновационная технология получения биодизельного топлива //Сельский механизатор. – 2015. – №. 7. – С. 36-37.
49. Викулова О. И. Сравнение наиболее распространённых технологий переработки перо-пухового сырья в перьевую муку //Качество жизни населения и экология. – 2023. – С. 35-38.
50. Кравченко Э.Ф. Об эффективной переработке вторичного молочного сырья // Молочная пром-сть. – 2010. – № 12. – С. 15.
51. Мельникова Е.И., Голубева Л.В., Станиславская Е.Б. Инновационные технологии использования молочной сыворотки в производстве десертных продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2010. –№ 1. – С. 50-52.
52. Современные промышленные технологии переработки молочной сыворотки: наука и практика: матер. науч.-практ. конф. в рамках VIII Междунар. форума «Молочная индустрия – 2010» [Электронный ресурс] / И.А. Евдокимов, Д.Н. Володин, А.С. Бессонов [и др.]; Молочный союз России. – М.: Молочный союз России, 2010. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
53. Храмцов А.Г., Нестеренко П.Г. Безотходная переработка молочного сырья. – М.: Колос, 2008. – 200 с.
54. Попов В. П., Василевская С. П. Безотходная технология совместной утилизации некондиционного хлеба и винных выжимок // Вестник ОГУ. 2004. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/bezothodnaya-tehnologiya-sovmestnoy-utilizatsii-nekonditsionnogo-hleba-i-vinnyh-vyzhimok> (дата обращения: 23.01.2024).
55. Соколов А. С., Темершаева З. С. Разработка организационно-технологических принципов вторичной переработки хлебной продукции с истёкшим сроком реализации //Сборник тезисов докладов участников пула

научно-практических конференций. – 2021. – С. 142-144.

56. Бухаркина М. В., Федоськина Л. А. Проблемы обеспечения качества переработки вторичного сырья в хлебопекарной промышленности //Системное управление. – 2012. – №. 1. – С. 2-2.

57. Неменуца Л.А., Степанищева Н.М., Соломатин Д.М. Современные технологии хранения и переработки плодоовощной продукции: науч. аналит. обзор. – ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 172 с.

58. Серпова О.С., Борченкова Л.А. Ресурсосберегающие технологии переработки картофеля: науч. аналит. обзор. – ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 84 с.

59. Куликов А. В., Куликова О. М. Характеристики сырья и отходов в картофелеперерабатывающей промышленности Республики Беларусь //Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2017. – №. 3. – С. 31-36.

60. Семенова М.В., Зоров И.Н., Сеницын А.П. и др. Конверсия яблочных выжимок в биоэтанол с использованием биокатализаторов // Хранение и переработка сельхоз - сырья. – 2009. – № 4. – С. 72-74.