

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(21) **202490593** (13) **A2**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ**

(43) Дата публикации заявки  
**2024.07.31**

(51) Int. Cl. *C13K 1/02* (2006.01)

(22) Дата подачи заявки  
**2024.03.27**

---

(54) **СПОСОБ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛУГОВЫХ ТРАВ И  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЛУГОВЫХ ТРАВ ДЛЯ  
ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ЛИГНИНА И ПИТАТЕЛЬНОГО КОРМА ДЛЯ  
ЖИВОТНЫХ**

---

(96) **2024000064 (RU) 2024.03.27**

(74) Представитель:

(71) Заявитель:  
**ИВАНОВ МИХАИЛ ВИКТОРОВИЧ  
(RU)**

**Луцковский М.Ю., Корниец Р.А. (RU)**

(57) Изобретение относится к области сельского хозяйства и к целлюлозно-бумажной промышленности, а именно к способам переработки целлюлозосодержащих луговых растений. Технический результат - обеспечение возможности эффективной комплексной безотходной переработки луговых трав, достигается за счет того, что включает предварительное измельчение сена многолетних злаковых трав, сепарацию измельченного сена на стеблевую, листовую и семенную фракцию, гранулирование листовой фракции для получения корма для животных и повторное измельчение семенной и стеблевой фракций, после которой семенную фракцию используют в качестве добавки к гранулированной листовой фракции или для получения питательной среды для культивирования протеинов, а из сечки стеблевой фракции получают целлюлозосодержащие порошок, массу и волокно, гидролизаты и лигнин, при этом для получения целлюлозосодержащего порошка сечку размалывают в порошок, для получения целлюлозосодержащей массы сечку подвергают гидролизу в гидротропном растворе, отделяют от целлюлозосодержащих волокон гидролизат для получения на его основе удобрений, а волокна подвергают рафинированию в целлюлозосодержащую массу, а для получения целлюлозосодержащего волокна сечку подвергают предгидролизу в воде, от целлюлозосодержащей массы отделяют гидролизат для использования его в качестве питательной среды для культивирования дрожжей, белка и микопротеина биоконверсией, а отделенную целлюлозосодержащую массу подвергают гидролизу в гидротропном растворе для удаления лигнина, целлюлозосодержащую массу подвергают рафинированию для получения целлюлозосодержащего волокна, а содержащий лигнин фильтрат подвергают разделению с возможностью отделения для повторного применения варочного раствора от лигнинсодержащего осадка, лигнинсодержащий осадок промывают водой и подвергают сушке.

**A2**

**202490593**

**202490593**

**A2**

# **СПОСОБ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ЛУГОВЫХ ТРАВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ЛУГОВЫХ ТРАВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ, ЛИГНИНА И ПИТАТЕЛЬНОГО КОРМА ДЛЯ ЖИВОТНЫХ**

## **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**

Изобретение относится к области сельского хозяйства и к целлюлозно-бумажной промышленности, а именно к способам переработки целлюлозосодержащих луговых растений для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных [С13К 1/02, D21Н 11/12, D21С 1/00, D21С 1/02, D21С 3/00, D21С 3/04].

Проблема сырьевого обеспечения в современном мире актуальна, так как напрямую влияет на промышленный потенциал государства и его рост в дальнейшем. Одним из видов сырья, широко используемом для производства различной продукции является целлюлоза. До недавнего времени основным источником целлюлозы являлась древесина лиственных и хвойных деревьев, но поиск источников целлюлозы и исследования в этом направлении дали возможность получения целлюлозы из травянистой биомассы. Технологии производства травяной целлюлозы, в той или иной степени, копируют технологии получения древесной целлюлозы и им присущи те же недостатки: гигантский водооборот; большой выход трудноутилизуемых побочных продуктов; высокая энергоемкость технологии; низкий КПД.

Из уровня техники известен СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ СУСПЕНЗИИ НА ОСНОВЕ ТРАВЯНЫХ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БУМАГИ ИЛИ КАРТОНА [ЕА 029141 В1, опубликовано: 28.02.2018], включающий следующие стадии:

- а) сбор луговой травы;
- б) очистка луговой травы механическим способом или посредством продувки воздуха и/или промывки водой;
- в) резка луговой травы на фракции от 100 до 0,1 мм;
- г) измельчение фибриллированием луговой травы;
- д) изготовление гранул из луговой травы;
- е) суспендирование луговой травы в воде;
- ж) добавление фракций целлюлозных волокон, и/или бумажных отходов, и/или вспомогательных веществ в суспензии.

Недостатком аналога является высокое содержание в бумаге/картоне лигнина и протеина из-за использования в данном способе сырья, не очищенного от балластных веществ, а также использование не только стеблей, но и листьев луговых растений, снижающие физико-механические свойства продукции и не позволяющие использовать получаемое сырье в изготовлении бумаги/картона без добавления первичных или вторичных волокон древесной целлюлозы в объеме не менее 60%.

По потребительским свойствам получаемый продукт проигрывает технологиям переработки исходного целлюлозосодержащего сырья с применением гидролиза (гидролизной варки) за счет того, что продукт обладает большим весом, низкой плотностью и жесткостью, низкими потребительскими качествами.

В современном производстве используют химико-термомеханическую массу, произведенную из целлюлозосодержащего сырья.

Также, известен НЕПРЕРЫВНЫЙ СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА ЦЕЛЛЮЛОЗЫ ИЗ ТРАВЯНИСТОГО РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ [RU 2636556 С1, опубликовано: 23.11.2017], включающий следующие этапы:

(I) подготовка травянистого растительного сырья посредством измельчения на части длиной 1,5-30 см и диаметром 0,5-15 мм и удаления частиц пыли из указанного сырья с помощью вентилятора,

(II) непрерывная варка не содержащего пыли травянистого растительного сырья, подготовленного на этапе (I), в варочной установке, представляющей собой вертикальную колонку с гладкими внутренними стенками, в верхнюю часть которой конвейер непрерывно подает травянистое растительное сырье,

отличающийся тем, что параллельно с подачей не содержащего пыли сырья в верхнюю часть указанной варочной установки непрерывно подаются химикаты для варки (группа, состоящая из NaOH и NaCl или Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>), пресная вода, восстановленная вода и пар, температура варки составляет 70-100°C, и в ходе описываемого способа непрерывной варки формируется суспензия со следующим составом (в среднем):

(a) весовой процент NaOH 0,9-1,5;

(b) весовой процент NaCl или Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> 0,15-0,4; и

(c) весовой процент травянистого растительного сырья 15-18;

где концентрация ингредиентов рассчитывается от веса жидкой фазы;

- разложение нецеллюлозного материала из травянистого растительного сырья происходит во время перехода массы из верхней в нижнюю часть указанной варочной

установки исключительно под воздействием силы тяжести, которое длится от 40 минут до 2 часов, и

- сваренная бумажная масса концентрируется в нижней части варочной установки (10) и непрерывно со скоростью, равной скорости подачи, выводится из нижней части указанной варочной установки (10) с помощью конвейера, что позволяет компенсировать гидравлическое давление.

Непрерывный способ производства целлюлозной массы также включает следующие этапы:

(III) диспергирование, в ходе которого сваренная суспензия бумажной массы, получаемая на этапе (II), обрабатывается диспергатором;

(IV) разбавление, в ходе которого бумажная масса, прошедшая диспергирование на этапе (III), разбавляется водой в специальной камере для получения из начальной концентрации бумажной массы 15-18 весовых процентов концентрации 3-6 весовых процентов;

(V) сортирование и фракционирование, в ходе которых разбавленная суспензия, полученная на этапе (IV), проходит через устройство сортирования и фракционирования, оборудованное ситом с ячейками 0,1-0,5 мм, и разделяется на две фракции;

- первая фракция - та, что не прошла через сито с ячейками 0,1-0,5 мм в количестве не более 50 весовых процентов; и

- вторая фракция - та, что прошла через сито с ячейками 0,1-0,5 мм в количестве не менее 50 весовых процентов, что считается качественным материалом для дальнейшей обработки, который поступает в дополнительную камеру.

Первая фракция, полученная на этапе (V), далее размалывается в измельчителях 1-3, а затем:

(a) возвращается в дополнительную камеру на этап (IV) для повторного прохождения этапов (IV) и (V); или

(b) передается непосредственно в дополнительную камеру.

Материал, собранный в дополнительной камере, далее проходит способ, включающий в себя следующие этапы:

концентрирование в обезвоживателе для удаления черного щелока (восстановленной жидкой фазы), разбавление в дополнительной камере пресной водой и подготовка целлюлозной массы в сообщающихся камерах; и

дополнительно, отбеливание бумажной массы в камере для отбеливания, которая регулируется клапаном,

в результате чего получается целлюлозная масса, пригодная для изготовления бумаги или производства листов целлюлозы; причем использованная вода, восстановленная в обезвоживателе, возвращается по трубной обвязке в варочную установку на этап (II) и в камеру для разбавления на этап (IV).

Недостатком аналога является использование при переработке кислот и щелочей, применение которых снижает возможности использования полученной целлюлозы и побочных продуктов в качестве экологически чистого сырья для производства кормов и бумаги, пригодной для пищевых продуктов.

Наиболее близким по технической сущности является СПОСОБ ПЕРЕРАБОТКИ ЦЕЛЛЮЛОЗОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ [RU 2456394 , опубликовано: 08.12.2010], включающий предгидролиз, варку лигноцеллюлозы в 30%-ном гидротропном растворе в течение 1-3 ч, фильтрацию полученной целлюлозы, промывку ее 30%-ным гидротропным раствором, последующую промывку водой, отбеливание целлюлозной массы перекисью водорода в растворе гидроксида натрия с получением беленой целлюлозы, обработку ее раствором кислоты с последующей обработкой растворителем, фильтрацию и сушку, при этом обработку отработанного варочного раствора - фильтрата проводят водой при температуре 50°C, осуществляют фильтрацию, промывку и сушку лигнина, а в качестве целлюлозосодержащего сырья используют мискантус или плодовые оболочки злаковых культур, или солому злаковых культур.

Основной технической проблемой аналогов и прототипа является использование монотехнологий для переработки целлюлозосодержащего сырья, конечным продуктом которых является монопродукт, то есть целлюлозосодержащий порошок, волокнистые материалы или химико-термомеханическая масса, получаемые в том числе из вегетативной стеблевой и листевой частей растений, что неэффективно с точки зрения низкого качества получаемого целлюлозосодержащего сырья за счет высокого содержания протеина, являющегося антагонистом целлюлозы и неэкономично, за счет большого количества отходов при переработке. Так, богатую протеином листовую фракцию более целесообразно после отделения ее от стеблевой фракции применять в производстве кормов.

Также, заявленные в аналогах и прототипе способы не решают проблемы получения и использования чистых экстрактивных веществ, содержащихся в гидролизате. Применение кислот и щелочей в переработке не позволяет получить конечный экологичный продукт без дополнительных стадий нейтрализации, а производные продукты, такие как гидролизат, применять в качестве питательной среды для выращивания таких микроорганизмов, как кормовых дрожжей, микопротеинов, микробного кормового белка и т.д.

Используемое для переработки растительное сырье для производства целлюлозы в промышленных масштабах требует значительных площадей для его выращивания. Для этих целей должны быть задействованы земли, выделенные для ведения сельского хозяйства, основное значение которых – производство кормов для животноводства. В таком случае требуется дифференцированно подходить к выделению земель из этого сектора сельского хозяйства и использование сена только для получения целлюлозы, без использования лиственной фракции, расточительно.

Задачей изобретения является устранение недостатков аналогов и прототипа.

Технический результат изобретения заключается в обеспечении возможности эффективной комплексной безотходной переработки луговых трав, включающей в себя этапы получения целлюлозы из стеблевой фракции, биокорма из лиственной фракции, белка из гидролизата стеблевой фракции и нативного реакционноспособного лигнина.

Указанный технический результат достигается за счет того, что способ комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных, характеризующийся тем, что включает предварительное измельчение сена многолетних злаковых трав, сепарацию измельченного сена с возможностью отделения друг от друга стеблевой, лиственной и семенной фракций, гранулирование лиственной фракции для получения корма для животных и повторное измельчение семенной и стеблевой фракций, после которой измельченную семенную фракцию используют в качестве добавки к гранулированной лиственной фракции или для получения питательной среды для культивирования протеинов, а сечку стеблевой фракции используют в качестве сырья для получения целлюлозосодержащего порошка, целлюлозосодержащей массы, целлюлозосодержащего волокнистого материала, гидролизатов и лигнина, при этом для

получения целлюлозосодержащего порошка сечку стеблевой фракции размалывают в порошок, для получения целлюлозосодержащей массы сечку стеблевой фракции подвергают гидролизу в гидротропном растворе с возможностью удаления из целлюлозосодержащей массы лигнина, по окончании гидролиза отделяют от целлюлозосодержащих волокон гидролизат для получения на его основе удобрений, а волокна подвергают рафинированию в целлюлозосодержащую массу, для получения целлюлозосодержащего волокна сечку стеблевой фракции подвергают предгидролизу в воде, по окончании предгидролиза от целлюлозосодержащей массы отделяют гидролизат для использования его в качестве питательной среды для культивирования дрожжей, белка и микопротеина биоконверсией, а отделенную целлюлозосодержащую массу подвергают гидролизу в гидротропном растворе с возможностью удаления из целлюлозосодержащей массы лигнина, по окончании гидролиза целлюлозосодержащую массу подвергают рафинированию для получения целлюлозосодержащего волокна, а содержащий лигнин фильтрат, полученный в результате гидротропной варки подвергают разделению с возможностью отделения для повторного применения варочного раствора от лигнинсодержащего осадка, лигнинсодержащий осадок промывают водой и подвергают сушке.

В частности, предварительное измельчение сена многолетних злаковых трав осуществляют до фракции размером от 10 до 30 мм.

В частности, сепарацию осуществляют сухими методами.

В частности, повторное измельчение стеблевой фракции осуществляют в сечку размером от 1 до 10 мм.

В частности, семенную фракцию после повторного измельчения частично или полностью используют в качестве добавки к листевой фракции при ее гранулировании.

В частности, сечку стеблевой фракции для получения целлюлозосодержащего порошка размалывают в порошок с размером частиц не более 1 мм.

В частности, в качестве гидротропного раствора для гидролиза для получения целлюлозосодержащей массы используют 30%-й раствор бензоата натрия.

В частности, в качестве гидротропного раствора для гидролиза для получения целлюлозосодержащего волокна используют 40%-й раствор бензоата натрия.

В частности, гидролиз в гидротропном растворе осуществляют в течение 1-3 часа.

В частности, гидролиз в гидротропном растворе осуществляют при температуре 40-50 °С.

В частности, перед рафинированием волокна при получении целлюлозосодержащей массы смачивают в воде.

В частности, предгидролиз сечки в воде осуществляют при температуре 140°C.

В частности, предгидролиз сечки в воде осуществляют в течение 0,5-1 часа.

Указанный технический результат достигается за счет того, что технологический комплекс для комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных, включающий линию предварительной подготовки и три технологических участка для получения целлюлозосодержащего порошка, целлюлозосодержащей массы и целлюлозосодержащего волокна, линия предварительной подготовки включает в себя средства загрузки сена многолетних злаковых трав, измельчитель для измельчения сена, сепаратор для отделения стеблевой, листевой и семенной фракций друг от друга после измельчения, гранулятор листевой фракции, измельчители для стеблевой и семенной фракций, средства хранения гранул листевой и семенной фракций, выход сепаратора с отделенной стеблевой фракцией соединен с измельчителем стеблевой фракции, выход сепаратора с отделенной листевой фракцией соединен с гранулятором, а выход сепаратора с отделенной семенной фракцией соединен с измельчителем семенной фракции, гранулятор листевой фракции и измельчитель семенной фракции соединены со средствами хранения гранул листевой фракции и порошка семенной фракции, соответственно, выход линии предварительной подготовки соединен с технологическими участками перегружателем, выполненным с возможностью подачи сечки стеблевой фракции на технологические участки, технологический участок для получения целлюлозосодержащего порошка содержит последовательно соединенные измельчитель сечки в порошок и средство хранения целлюлозосодержащего порошка, технологический участок для получения целлюлозосодержащей массы содержит последовательно соединенные реактор для гидролиза, узел отжима для отделения гидролизата, рафинер, средство целлюлозосодержащей массы и соединенный с узлом отжима средство хранения гидролизата, технологический участок для получения целлюлозосодержащего волокна содержит реактор для предгидролиза и соединенный с ним узел отжима, узел отжима соединен с реактором для гидролиза и средством хранения гидролизата, полученного при



предгидролизе, к реактору для гидролиза присоединен рафинер и средство хранения лигнина, рафинер соединен со средством хранения целлюлозосодержащего волокна, к средству хранения гидролизата последовательно подключены реактор-ферментер для биоконверсии гидролизата и средства хранения продуцентов, полученных в реакторе-ферментере.

В частности, средства загрузки выполнены в виде загрузочного бункера или подающего транспортера.

В частности, средства хранения гранул, порошка семенной фракции, целлюлозосодержащих порошка, массы, волокна выполнены в виде бункеров.

В частности, средства хранения гидролизата, лигнина, кормового белка выполнены в виде емкостей.

В частности, сепаратор выполнен сухого типа.

В частности, средства загрузки, измельчители, сепаратор, гранулятор, средства хранения соединены в технологическую линию транспортерами.

В частности, измельчители для измельчения сена и стеблевой фракции выполнены в виде дробилок, валковых или ножевых.

В частности, измельчитель семенной фракции выполнен в виде мельницы.

В частности, измельчитель сечки в целлюлозосодержащий порошок выполнен в виде конического рафинера, дискового измельчителя.

В частности, реактор для гидролиза, узел отжима, рафинер и средство хранения целлюлозосодержащей массы, а также реактор для гидролиза с перегружателем участка для получения целлюлозосодержащей массы соединены между собой транспортерами.

В частности, узел отжима участка для получения целлюлозосодержащей массы выполнен в виде центрифуги, пресса, экструдера.

В частности, узел отжима соединен со средством хранения гидролизата трубопроводом.

В частности, реактор для предгидролиза, узел отжима, реактор для гидролиза, рафинер, средство хранения целлюлозосодержащего волокна, а также реактор для предгидролиза с перегружателем участка для получения целлюлозосодержащего волокна соединены между собой транспортерами.

В частности, узел отжима участка для получения целлюлозосодержащего волокна выполнен в виде сит, пресса, центрифуги или экструдера.

В частности, узел отжима и реактор для гидролиза соединены со средствами хранения гидролизата и лигнина трубопроводами.

В частности, средства хранения целлюлозосодержащей массы и целлюлозосодержащего волокна выполнены в виде бункеров-сушилок, снабженных ворошителями.

Краткое описание чертежей.

На фиг.1 показана блок-схема комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных.

На фиг.2 показана структурная схема комплекса для комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных.

На фигурах обозначено: 1 – загрузочный бункер, 2 – измельчители, 3 – сепаратор, 4 – гранулятор, 5 – бункер для хранения гранул, 6 – перегружатель, 7 – бункер для хранения целлюлозосодержащего порошка, 8 – реакторы для гидролиза, 9 – узлы отжима, 10 – рафинеры, 11 - бункер для хранения целлюлозосодержащей массы, 12 – емкости для гидролизата, 13 – реактор для предгидролиза, 14 – бункер для целлюлозосодержащего волокна, 15 – емкость для лигнина, 16 – реактор-ферментер, 17 – емкость для кормового белка, 18 – бункер для хранения семенной фракции.

Осуществление изобретения.

Сущностью заявленного изобретения является создание безотходной технологии комплексной переработки луговых, преимущественно, многолетних злаковых растений, с целью получения целлюлозосодержащего порошка, целлюлозосодержащей массы для производства бумаги, высокопротеинового корма для животных, гидролизата в качестве основы для минеральных удобрений, гидролизата в качестве питательной среды для культивирования дрожжей, микробного белка и микопротеинов, лигнина.

В качестве исходного сырья используют сено таких трав как тимофеевка луговая, овсяница луговая, ежа сборная, кострец безостый, райграс высокий, райграс многоукосный, фестулолиум, житняки, пырей бескорневищный, пырейник сибирский, лисохвост луговой и др. или их совокупность в различном соотношении. Допускается в сене многолетних злаковых растений включения других луговых растений, но не более 50%.

В таблице 1 показано содержание основных веществ в различных растениях (в процентах). В таблице 2 показано содержание протеина в стеблях и листьях растений (в процентах).

Таблица 1.

Показатели	Корм		
	Зеленый клевер	Зерно кукурузы	Сено луговое
Вода	77,8	13	14,3
Сухое вещество	22,2	87	85,7
Протеин	16,6	10,1	11,3
Жир	4	4,5	2,9
Клетчатка	22,5	2,2	30,7

Таблица 2.

Питательные вещества	Части растений	Бобовые	Бобово-злаковая смесь	Злаковые
Сырой протеин	листья	24-32	18-24	11-16
	стебли	10-16	9-12	7-8

Из таблиц видно, что стебли растений содержат до 50% меньше протеина, чем листья, что повышает долю растительной целлюлозосодержащей массы в суспензии при производстве бумаги/картона, используя для этих целей только стебли растений. К концу вегетации питательная ценность растений снижается в результате увеличения содержания клетчатки, уменьшения количества протеина и меньшей переваримости корма.

Для многолетних злаковых трав характерна особенность увеличения содержания клетчатки и доли колосьев (метелок) в зависимости от стадии вегетации. В таблице 3 в качестве примера показано соотношение стеблей, листьев и колосьев (метелки) костреца безостого в урожае по фазам вегетации.

Таблица 3.

Фаза вегетации	Количество (от общей массы на 1 м <sup>2</sup> )						Всего
	Листьев		Стеблей		колосьев		
	г	%	Г	%	г	%	г
Выход в трубку	17,2	40,5	24,8	59,5	-	-	42
Колошение	16,1	17,5	57,9	61,3	20,5	21,2	94,5
Цветение	36,9	21,7	87,2	50,5	47,8	27,8	172
Плодоношение	37	15,7	132,9	56,5	64,8	27,8	235,7

В таблице 4 показано среднее содержание сырой клетчатки в некоторых многолетних злаковых луговых травах в различные фазы вегетации (в процентах).

Таблица 4.

Фазы вегетации	Выход в трубку – начало	Полное колошение	Начало цветения
----------------	-------------------------	------------------	-----------------

Травостой	колошения		
Тимофеевка луговая	22,6	30,0	29,2
Овсяница луговая	22,5	24,7	28,0
Ежа сборная	22,1	27,2	31,0
Кострец безостый	24,1	30,2	30,3

Предпочтительно, с точки зрения получения целлюлозы из стеблевой фракции, исходное сырье (сено) заготавливать в фазе плодоношения, где содержание стеблей максимально по весу и составляет 56,5% от общей массы исходного сырья. При этом содержание колосьев (семенной фракции) в этот период также достигает максимального значения – 27,8 % от общей массы. Вывод в отходы семенной фракции нецелесообразен с точки зрения комплексной переработки луговых трав, в процессе которой важно использовать весь спектр составляющих сырья и производных веществ, получаемых в процессе переработки. В настоящем изобретении такое значительное количество колосьев, содержащих семена, богатые питательными веществами, предлагается использовать как добавку для гранулированного корма из листевой фракции и питательной среды для культивирования протеинов.

Способ комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных характеризуется этапами (см.Фиг.1), где на первом предварительном этапе из сена многолетних злаковых растений получают сечку стеблевой фракции для получения из нее целлюлозосодержащего сырья в виде порошка, массы или волокнистого материала, гранулированную листовую фракцию для получения корма для животных и семенную фракцию для использования в качестве добавки в корм для животных или в питательную среду для культивирования протеинов, а второй этап может осуществляться по одному, двум или трем направлениям, в результате выполнения которых получают целлюлозосодержащий порошок и/или целлюлозосодержащую массу и гидролизат в качестве основы для минеральных удобрений, и/или волокнистую целлюлозосодержащую массу, гидролизат в качестве питательной среды для культивирования протеинов, протеин и гидролизный лигнин.

Для получения сечки стеблевой фракции, гранул листевой фракции и семенной фракции на первом этапе, сено многолетних злаковых трав измельчают механическим способом, например, в дробилках, шредерах и т.п. до фракции размером от 10 до 30 мм. Пределы фракционного измельчения сена от 10 до 30 мм обусловлены тем, что при измельчении сена менее 10 мм, что прежде всего определяет размер измельчения стеблевой фракции, листовая фракция, имеющая более хрупкую структуру, измельчается более мелко и

может превращаться в мелкодисперсионную пыль, которая в дальнейшем в переработке не используется и в таком случае выход готовой продукции снижается, что в целом негативно отражается на эффективности производства. Измельчение сена выше 30 мм также нецелесообразно, так как при более крупном измельчении листовая и семенная фракции не полностью отделяются от стеблевой фракции, что в итоге повышает содержание протеина в стеблевой фракции, который негативно влияет на качество целлюлозы, получаемой в дальнейшем из стеблевой фракции.

Далее, на первом этапе измельченное сено подвергают сепарации для отделения стеблевой, листовой и семенной фракций друг от друга. Сепарацию осуществляют преимущественно сухими методами, например, методом аэросепарации, с помощью сит, вибростолов и т.п.

Листовую фракцию после сепарации сена направляют на гранулирование, семенную фракцию направляют на измельчение в порошок (муку), а стебловую фракцию направляют на повторное измельчение в сечку размером от 1 до 10 мм. Порошок (муку) семенной фракции частично или полностью могут использовать в качестве добавки к листовой фракции при ее гранулировании.

Гранулирование листовой фракции необходимо для изменения структурно-механических свойств сена, снижения окислительных процессов в гранулах с целью повышения его усваиваемости и питательности, а также для удешевления транспортировки.

Необходимость измельчения стеблевой фракции в сечку размером от 1 до 10 мм обусловлена тем, что в дальнейшем, часть получаемого на первом этапе целлюлозосодержащего сырья подвергается гидролизу и измельчению сырья до сечки размером менее 10 мм, улучшает диффузию жидких растворов в сечку и повышает эффективность гидролиза. Повышение диффузии жидких растворов в сечку позволяет, кроме того, уменьшить соотношение гидромодуля при проведении в дальнейшем гидролиза сечки, что в свою очередь ведет к снижению количества отжимаемого раствора и соответственно повышению его концентрации. Измельчение стеблевой фракции менее 1 мм нецелесообразно, так как сечка стеблевой фракции с такими размерами подвержена слеживанию и комкованию, что снижает сыпучесть, приводит к ухудшению потребительских свойств и к потере качества сечки стеблевой фракции.

В результате выполнения первого этапа получают сечку стеблевой фракции, гранулированную листовую фракцию для использования в дальнейшем в качестве корма

для животных и порошок (муку) семенной фракции для использования в дальнейшем в качестве добавки к гранулированной листевой фракции или для получения питательной среды для культивирования протеинов.

Полученную сечку стеблевой фракции используют в качестве сырья для получения целлюлозосодержащего порошка, целлюлозосодержащей массы, целлюлозосодержащего волокнистого материала и таких производных как гидролизат и лигнин, получение которых осуществляется разделением полученной на первом этапе сечки стеблевой фракции между тремя технологическими участками в соотношении, зависящем от требуемого соотношения конечных продуктов. Например, полученную на первом этапе сечку стеблевой фракции разделяют между тремя технологическими участками в соотношении 6:3:1 для получения сырья для упаковочного картона или 3:3:4 для получения сырья для получения полиграфического, дизайнерского или технического картона с повышенными прочностными характеристиками.

Для получения целлюлозосодержащего порошка первую часть сечки стеблевой фракции после первого этапа комплексной переработки подают на первый технологический участок, где упомянутую сечку размалывают в порошок с размером частиц не более 1 мм. Для размола используют конический рафинер и/или дисковый измельчитель (мельницу). Далее полученный порошок используют в бумажно-картонном производстве для получения целлюлозосодержащей суспензии известными из уровня техники способами.

Для получения целлюлозосодержащей массы вторую часть сечки стеблевой фракции после первого этапа комплексной переработки подают на второй участок технологической линии, где последовательно осуществляют гидролиз сечки стеблевой фракции, отделение гидролизата отжимом, смачивание в воде целлюлозосодержащего волокна и рафинирование волокна для получения целлюлозосодержащей массы.

Гидролиз сечки стеблевой фракции осуществляют в 30%-м растворе бензоата натрия в течение 1-3 часа при температуре 40-50 °С. Гидролиз или гидротропная варка относится к нейтральному способу получения целлюлозы и его основная цель – это расщепление гликозидных связей, соединяющих остатки моносахаридов в молекуле полисахарида и выделение лигнина. Гидротропная варка позволяет получить целлюлозу с высоким выходом, вследствие использования практически нейтрального варочного раствора. Гидротропное вещество - бензоат натрия, значительно увеличивает растворимость лигнина в варочном растворе. Бензоат натрия — это натриевая соль бензойной кислоты. Является пищевой добавкой, относящейся к группе консервантов с номером E211.

Представляет собой белый порошок без запаха или с незначительным запахом бензальдегида.

Гидролиз 30%-м гидротропным раствором позволяет максимально удалить из технической целлюлозы лигнин, при использовании раствора меньшей концентрации происходит осаждение лигнина из остатков фильтрата на поверхности целевой целлюлозы. Выбор бензоата натрия обусловлен его следующими качествами: в воде стабилен при температуре более 300°C, не вызывает коррозии, при закислении бензойная кислота диссоциирует слабо, в результате не снижает pH раствора и не влияет на автогидролиз целлюлозы. В качестве гидротропных солей, кроме бензоата натрия, могут быть использованы щелочные соли нафтойной кислоты, бензолсульфокислоты, нафталинсульфокислоты, а также их гомологи и производные, соли тиофенкарбоновых кислот, производные гидроароматического ряда, например щелочные соли нафтенных кислот, абиетиновой и силвиновой кислот, соли различных жирноароматических и алифатических кислот.

Снижение концентрации раствора бензоата натрия при гидролизе отрицательно сказывается на качестве целевой целлюлозы, к повышению массовой доли кислотонерастворимого лигнина. Повышение концентрации раствора бензоата натрия не приводит к заметному повышению качества целевой целлюлозы, а также ведет к дополнительному расходу гидротропных солей. Поэтому целесообразно использовать 30%-й раствор бензоата натрия.

Увеличение продолжительности гидротропной варки не улучшает качество целевой целлюлозы, но приводит к снижению выхода, а уменьшение продолжительности варки менее 1 ч - к резкому ухудшению качества целлюлозы. Это связано с недостаточным временем для разрушения лигноуглеводного комплекса и выделения из него свободной целлюлозы путем растворения лигнина в гидротропном растворе. Повышенный выход целлюлозы и низкая массовая доля альфа-целлюлозы в ней подтверждает наличие непроваренного сырья.

Повышение температуры от 40°C до 50°C приводит к повышению выхода примерно на 5%. Это связано с тем, что при повышенной температуре, по сравнению с комнатной температурой, процессы сольватации проходят быстрее, поэтому формирование творожистого осадка лигнина из реакционной массы при высаживании проходит более полно. Дальнейшее повышение температуры к повышению выхода лигнина не приводит.

По окончании стадии гидролиза полученное целлюлозосодержащее волокно отжимают для выделения из волокна гидролизата. Отжим осуществляют любым известным способом, например, центрифугой, прессом, экструдером и т.д.

Гидролизат направляют в отдельную емкость для получения в дальнейшем на его основе удобрений, а целлюлозосодержащая масса, представляющая собой волокнистый материал коричневого цвета с включениями непроваренного сырья (не более 5% по массе), подвергается рафинированию. Использование в качестве гидротропного вещества бензоата натрия, который является, как указано выше, консервантом, позволяет прекратить рост и распространение микробов, грибков и бактерий в гидролизате. Что позволяет обеспечить его длительное хранение перед последующим применением.

Рафинирование осуществляют любыми известными способами с целью измельчения целлюлозосодержащего волокна в целлюлозосодержащую массу. Перед измельчением волокна смачивают в воде для получения более пластичной массы и облегчения процесса измельчения. На выходе со второго участка получают целлюлозосодержащую массу характерного коричневого цвета, которую в дальнейшем в зависимости от потребности могут отбелить, а могут использовать уже как конечное сырье для получения бумажно-картонной продукции, обладающей экологичными свойствами.

Для получения целлюлозосодержащего волокна одну из частей сечки стеблевой фракции после первого этапа комплексной переработки подают на третий участок технологической линии, где последовательно осуществляют водный гидролиз сечки стеблевой фракции, отделение гидролизата отжимом, гидролиз массы в гидротропном растворе и рафинирование массы для получения целлюлозосодержащего волокнистого материала.

Предгидролиз сечки (водный гидролиз) на третьем этапе осуществляют в воде в отдельных реакторах, например, автоклавного типа, при температуре 140°C в течение 0,5-1 часа.

Стадия предгидролиза позволяет частично удалить экстрактивные вещества и гемицеллюлозу, что обеспечивает, в конечном итоге, более высокое качество целлюлозы и более чистый раствор лигнина, получаемые на последующих стадиях, а также получение гидролизата с высоким содержанием сахаров, позволяющего использовать этого гидролизата, например биоконверсией, для выращивания кормовых дрожжей, микопротеина или микробного кормового белка любыми известными способами. Кроме того, предгидролиз способствует уменьшению продолжительности процесса варки и снижению энергозатрат. Проведение гидротропной варки без



предгидролиза приводит к получению целлюлозы со сниженной массовой долей альфа-целлюлозы, повышенной массовой долей лигнина, а также повышенной зольности. Стадия предгидролиза необходима для последующего выделения лигнина в связи с тем, что в случае отсутствия этой стадии происходит закисление варочного раствора, в результате чего растворимость нативного (природного) лигнина в варочном растворе уменьшается, что, в свою очередь, не позволяет использовать один и тот же варочный раствор десять и более раз. Кроме того, при разбавлении закисленного варочного раствора возможно загрязнение целевого лигнина примесной бензойной кислотой, что приведет к дополнительной стадии очистки целевого лигнина.

По окончании стадии предгидролиза гидролизат отделяют любым известным способом, сливом или отжимом на ситах, прессованием, центрифугированием или экструдированием. Гидролизат направляют для дальнейшей биоконверсии. Отделенную целлюлозосодержащую массу направляют на стадию гидролиза (гидротропную варку) в гидротропном растворе для максимального удаления лигнина из целлюлозосодержащей массы. Полученный лигнин могут использовать для получения биотоплива, сорбентов и т.д.

Одним из преимуществ заявленного способа является получение в процессе комплексной переработки луговых трав на выходе со стадии предгидролиза чистого гидролизата, используемого в дальнейшем в качестве питательной среды (субстрата) для культивирования дрожжей, белка (протеина) и микопротеина, содержащих большое количество полезных бактерий, одноклеточных дрожжей, актиномицетов (группа микроорганизмов, соединяющая в себе черты бактерий и грибов), мицелиальных грибов и/или ассоциаций микроорганизмов. Известно, что в состав растений входят безазотистые экстрактивные вещества, включающие сахара, крахмал, гликоген, инулин, растворимые части целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, пектина и т.д. Большое количество углеводов в растительной биомассе является источником потенциальной энергии в виде сахаров, которые могут быть применены во множестве промышленных и сельскохозяйственных процессов. Несмотря на отделение на первом этапе заявленного способа листевой фракции луговых трав от их стеблевой фракции, в листевой фракции остается часть растительного вещества в форме прочных полимеров, таких как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин, которые частично или полностью не усваиваются сельскохозяйственными животными (кроме КРС) и птицей в качестве питательных

веществ. Чтобы повысить питательную ценность и улучшить усвояемость компонентов растительного сырья в настоящем изобретении предлагается применение использования выделяемых в процессе комплексной переработки луговых трав производных, а именно гидролизата, в том числе с добавлением полученного на первом этапе порошка (муки) семенной фракции, для получения из гидролизата богатой белком биомассы методом биоконверсии. Продукты биоконверсии растительного сырья используют в кормлении животных (кормовые дрожжи, различные препараты микробного синтеза), а также в качестве медикаментов, химикатов и др. Для биоконверсии углеводов растительного сырья применяют такие группы микроорганизмов как бактерии, дрожжи, микроскопические грибы. Дополнительная микробиологическая протеинизация листовей фракции (гранул), полученной на первом подготовительном этапе комплексной переработки позволяет существенно повысить содержание белка за счет растительных углеводов, которые усваиваются микроорганизмами и превращаются в белки микробной биомассы из расчета получения 25 г белка из 100 г сахара (коэффициент конверсии - 0,25).

Биоконверсию гидролизата, полученного на стадии предгидролиза осуществляют ферментацией известными способами, например, глубинной, поверхностной, аэробной, анаэробной, периодической, непрерывной, с применением монокультуры или смешанной ассоциации микроорганизмов и т.д.

Например, для получения продукта ферментации из жидкого гидролизата могут использовать глубинный способ культивирования, осуществленный в толще жидкой питательной среды. Глубинное культивирование проводят в ферментерах, снабженных перемешивающими устройствами, системами аэрации, термо- и pH-регуляции. Питательные среды стерилизуют в ферментерах или установках непрерывной стерилизации. Преимуществами глубинного способа выращивания являются высокий уровень механизации и автоматизации процесса, возможность ведения процесса в условиях стерильности, регулируемого pH и состава среды, а также в непрерывном режиме, при котором значительно повышаются экономические показатели и обеспечивается генетическая стабильность микроорганизмов-продуцентов.

Биоконверсия гидролизата, получаемого описанным в настоящем изобретении способом, позволяет восполнить кормовой белок, причем продуцентами кормового белка могут быть бактерии, дрожжи, микроскопические водоросли, микро- и макромицеты.

Преимущества производства биомассы с помощью микробного синтеза:

- 1) высокая скорость накопления биомассы, которая в 500-5000 раз выше, чем у растений или животных;
- 2) микробные клетки накапливают большое количество белка (дрожжи – 9 до 60 %, бактерии – до 75 % по массе);
- 3) в производстве микробного белка отсутствует многостадийность;
- 4) процесс биосинтеза протекает в мягких условиях при температуре 30-45°C, pH 3-6 и давлении  $\approx 0,1$  МПа;
- 5) процесс менее трудоемок по сравнению с получением сельскохозяйственной продукции и органическим синтезом белков.

На следующей стадии комплексной переработки проводят гидролиз (гидротропную варку) сечки стеблевой фракции. Для гидролиза используют 40%-ный раствор бензоата натрия. Использование 40%-ого раствора бензоата натрия в отличие от использования на втором участке комплексной переработки 30%-ого раствора бензоата натрия обусловлено тем, что на втором участке при гидролизе использовали сухую сечку стеблевой фракции, а на третьем участке гидротропной варке (гидролизу в гидротропном растворе) подвергают сечку влажную, полученную после предгидролиза. Как упоминалось выше, снижение концентрации раствора бензоата натрия отрицательно сказывается на качестве целевой целлюлозы и поэтому с целью доведения концентрации раствора бензоата натрия в массе после водного гидролиза её повышают до 40%, которая во влажной массе снижается до 30 %.

Гидролиз осуществляют в течение 1-3 часа при температуре 40-50 °С. Увеличение продолжительности гидролиза не улучшает качество целевой целлюлозы, но приводит к снижению выхода, а уменьшение продолжительности варки менее 1 ч - к резкому ухудшению качества целлюлозы. Повышение температуры от 40°C до 50°C приводит к повышению выхода примерно на 5%. Это связано с тем, что при повышенной температуре, по сравнению с комнатной температурой, процессы сольватации проходят быстрее, поэтому формирование творожистого осадка лигнина из реакционной массы при высаживании проходит более полно. Дальнейшее повышение температуры к повышению выхода лигнина не приводит.

По окончании стадии гидролиза полученную целлюлозосодержащую массу подвергают рафинированию, а фильтрат, полученный в результате гидротропной варки и содержащий лигнин, сливают в отдельную емкость для последующего разделения,

например, декантированием с целью отделения варочного раствора от лигнинсодержащего осадка. Варочный раствор восстанавливают для его повторного применения для гидролиза путем его фильтрации и доведения бензоата натрия до требуемой концентрации в 40%. Лигнинсодержащий осадок промывают водой для удаления варочного раствора. Жидкий лигнин подвергают сушке известными из уровня техники способами. Полученный порошкообразный лигнин упаковывают в промышленную тару.

Рафинирование осуществляют любым известным способом с целью получения целлюлозосодержащего волокна. Перед измельчением на этом третьем участке в отличие от второго участка массу не смачивают, так как масса обладает достаточной для рафинирования влажностью. На выходе с третьего участка получают целлюлозосодержащее волокно характерного коричневого цвета, которое в дальнейшем в зависимости от потребности могут отбелить, а могут использовать уже как конечное сырье для получения бумажно-картонной продукции, обладающей экологичными свойствами.

Для реализации заявленного способа используется технологический комплекс для комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных. Комплекс состоит из линии предварительной подготовки и трех технологических участков для получения целлюлозосодержащего порошка, целлюлозосодержащей массы, целлюлозосодержащего волокна и сопутствующих продуктов.

Линия предварительной подготовки включает в себя загрузочный бункер 1 (см. Фиг.2) или подающий транспортер для загрузки сена многолетних злаковых трав, измельчитель 2 для измельчения сена, сепаратор 3, измельчители 2 для раздельного измельчения стеблевой и семенной фракций, гранулятор 4, средства хранения в виде бункера для хранения гранул 5 листевой фракции и бункера для хранения семенной фракции 18. Сепаратор 3 выполнен сухого типа на вход которого подается измельченное сено. Выход сепаратора 3 с отделенной стеблевой фракцией соединен с измельчителем 2 стеблевой фракции, выход сепаратора 3 с отделенной листевой фракцией соединен с гранулятором 4, выход сепаратора 4 с отделенной семенной фракцией соединен с измельчителем 2 семенной фракции в порошок (муку). Гранулятор 4 соединен с бункером для хранения гранул 5 листевой фракции. Измельчитель 2 семенной фракции соединен с бункером

для хранения семенной фракции 18. Загрузочный бункер 1 для загрузки сена луговых трав, измельчители 2, сепаратор 3 гранулятор 4, бункер для хранения гранул 5 листевой фракции, бункер для хранения семенной фракции 18 соединены в технологическую линию транспортерами, преимущественно закрытого типа, например, шнековыми. Измельчители 2 для измельчения сена и стеблевой фракции могут быть выполнены в виде дробилок, например, валковых или ножевых, а измельчитель 2 семенной фракции в порошок (муку) может быть выполнен в виде мельницы.

Выход линии предварительной подготовки соединен с технологическими участками перегружателем 6, обеспечивающим перегрузку сечки стеблевой фракции по технологическим участкам.

Первый технологический участок для получения целлюлозосодержащего порошка содержит измельчитель 2 и средство хранения в виде бункера для хранения целлюлозосодержащего порошка 7, соединенные с перегружателем 6 на входе технологического участка и между собой транспортерами, преимущественно закрытого типа, например, шнековыми. Измельчитель 2 выполнен в виде конического рафинера и/или дискового измельчителя.

Второй технологический участок для целлюлозосодержащей массы содержит реактор для гидролиза 8, узел отжима 9, рафинер 10, емкость для гидролизата 12 и средство хранения в виде бункера для хранения целлюлозосодержащей массы 11. Реактор для гидролиза 8, узел отжима 9, рафинер 10 и бункер для хранения целлюлозосодержащей массы 11, а также реактор для гидролиза 8 с перегружателем 6 на входе участка соединены между собой транспортерами, преимущественно закрытого типа, например, шнековыми. Узел отжима 9 выполнен, например, в виде центрифуги, пресса, экструдера и т.д. и соединен с емкостью для гидролизата 12 трубопроводом. Смачивание волокна перед подачей его в рафинер 10 по транспортеру или непосредственно в рафинере 10 осуществляют путем распыления воды из форсунок.

Третий технологический участок для получения целлюлозосодержащего волокна содержит реактор для предгидролиза 13, узел отжима 9, реактор для гидролиза 8, рафинер 10, средства хранения в виде бункера для хранения целлюлозосодержащего волокна 14, емкостей для гидролизата 12 и фильтрата лигнина 15. Реактор для предгидролиза 13, узел отжима 9, реактор для гидролиза 8, рафинер 10, бункер для хранения целлюлозосодержащего волокна 14, а также реактор для предгидролиза 13 с перегружателем 6 на входе участка соединены между собой транспортерами,

преимущественно закрытого типа, например, шнековыми. Узел отжима 9 выполнен в виде сит, пресса, центрифуги или экструдера. Узел отжима 9 и реактор для гидролиза 8 соединены с емкостями для гидролизата 12 и лигнина 15 трубопроводами.

Емкость для гидролизата 12 соединена трубопроводом по крайней мере с одним реактором-ферментером 16 для биоконверсии. Количество реакторов-ферментеров 16 зависит от продуцентов, используемых для выращивания микробного белка и вида выращиваемого микробного белка. Например, могут использовать три реактора-ферментера 16 для выращивания кормовых дрожжей, микопротеинов и микробного кормового белка. Реактор-ферментер 16 снабжен мешалкой, средствами подачи воды для охлаждения и пара для нагрева внутреннего объема и толщи культивируемой среды в реакторе-ферментере 16, воздуха для аэрации и чистой культуры. К выходному отверстию реактора-ферментера 16 подключена емкость для кормового белка 17.

Бункеры для целлюлозосодержащей массы 11 и волокна 14 второго и третьего технологических участков могут быть выполнены в виде бункеров-сушилок, снабженных ворошителями.

Технологический комплекс для переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных используют следующим образом.

Исходное сырье в виде высушенных многолетних злаковых луговых трав (сено) подают в загрузочный бункер 1. Из бункера 1 по транспортеру сено подают в первый измельчитель 2, в котором сено измельчают механическим способом до фракции размером от 10 до 30 мм. Из первого измельчителя 2 измельченную смесь стеблевой, листевой и семенной фракций подают по транспортеру в сепаратор 3. В сепараторе 3 отделяют листовую, стеблевую и семенную фракции друг от друга. Далее, отделенную листовую фракцию по транспортеру подают в гранулятор 4, на выходе из которого получают гранулы листевой фракции, пригодной в качестве питательного корма для животных. Упомянутые гранулы с помощью транспортера подают в бункер для хранения гранул 5 для последующей отгрузки потребителю. Отделенную в сепараторе 3 семенную фракцию по транспортеру подают в измельчитель 2, где семенную фракцию подвергают механическому измельчению в порошок (муку). Измельченную семенную фракцию из измельчителя 2 подают в бункер для хранения семенной фракции 18 или могут напрямую подавать в гранулятор 4. Отделенную в сепараторе 3 стеблевую фракцию по транспортеру подают во

второй измельчитель 2, где стеблевую фракцию подвергают механическому измельчению до сечки размерами 1-10 мм.

Далее, сечку стеблевой фракции из второго измельчителя 2 по транспортеру подают в перегружатель 6 в котором осуществляют разделение сечки на один, два или три потока в зависимости от потребности в конечном продукте и транспортерами подают на технологические участки для дальнейшей переработки.

Один из потоков сечки для получения целлюлозосодержащего порошка перегружателем 6 по транспортеру подают в измельчитель 2 первого технологического участка, в котором сечку измельчают в порошок размером фракции до 1 мм и подают после измельчения в бункер для хранения целлюлозосодержащего порошка 7. В последующем, упомянутый порошок отгружают для суспендирования и производства бумажно-картонной продукции.

Второй из потоков сечки из перегружателя 6 подают по транспортеру на второй технологический участок для ее гидролиза в реакторе для гидролиза 8 в 30%-ом растворе бензоата натрия в течение 1-3 часа при температуре 40-50 °С. По окончании процесса гидролиза полученную массу транспортером подают в узел отжима 9, где массу отжимают для отделения жидкой части в виде гидролизата, которую подают по трубопроводу в отдельную емкость для гидролизата 12 и пластичной волокнистой массы, которую подают транспортером в рафинер 10. В рафинере 10 массу растирают и транспортером подают в бункер для хранения целлюлозосодержащей массы 11. В последующем гидролизат из емкости для гидролизата 12 отгружают для получения на его основе минеральных удобрений, а целлюлозосодержащую массу из упомянутого бункера 11 отгружают для производства бумажно-картонной продукции, в том числе путем добавления ее в суспензию, приготавливаемую из целлюлозосодержащего порошка, полученного на первом технологическом участке комплекса.

Третий из потоков сечки из перегружателя 6 подают по транспортеру в реактор для предгидролиза 13 третьего технологического участка комплекса, в котором осуществляют предгидролиз сечки в воде при температуре 140°С в течение 0,5-1 часа. По окончании процесса предгидролиза полученную массу транспортером подают в узел отжима 9, где массу отжимают для отделения жидкой части в виде гидролизата, которую подают по трубопроводу в отдельную емкость для гидролизата 12 и пластичной волокнистой массы, которую подают транспортером в реактор для гидролиза 8 для гидротропной варки с подачей 40%-ого раствора бензоата натрия в течение 1-3 часа при температуре 40-50 °С.

По окончании процесса гидролиза полученную массу транспортером подают в рафинер 10, в котором массу растирают и транспортером подают в бункер для хранения целлюлозосодержащего волокна 14.

Жидкую лигнинсодержащую фазу вещества из реактора для гидролиза 8 могут разделять, например, декантированием для отделения варочного раствора от лигнинсодержащего осадка. Варочный раствор восстанавливают для его повторного применения для гидролиза путем его фильтрации и доведения бензоата натрия до требуемой концентрации в 40%. Лигнинсодержащий осадок промывают водой для удаления варочного раствора отправляют в емкость для лигнина 15 из которой далее лигнин подают на осушение, например, методом распыления, сублимационной сушкой и пр. для получения порошкообразного лигнина. Полученный порошкообразный лигнин упаковывают в промышленную тару.

В последующем целлюлозосодержащее волокно из бункера 14 отгружают для производства бумажно-картонной продукции, в том числе путем добавления его в суспензию, приготавливаемую из целлюлозосодержащего порошка, полученного на первом технологическом участке комплекса, в том числе с применением целлюлозосодержащей массы, полученной на втором технологическом участке или с применением упомянутой целлюлозосодержащей массы без использования целлюлозосодержащего порошка. Лигнин из емкости для лигнина 15 отгружают для последующей переработки, например, для производства биотоплива, сорбентов и т.д. или направляют на сушку и упаковку.

Гидролизат, хранящийся в емкости для гидролизата 12, в последующем применяют в качестве питательной среды для выращивания кормовых дрожжей, микопротеина или микробного кормового белка биоконверсией. Для этого гидролизат из емкости для гидролизата 12 подают, по крайней мере, в один реактор-ферментер 16. Количество реакторов-ферментеров 16 на стадии биоконверсии зависит от продуцентов, используемых для выращивания микробного белка и вида выращиваемого микробного белка. Например, на стадии биоконверсии могут использовать три реактора-ферментера 16 для выращивания кормовых дрожжей, микопротеинов и микробного кормового белка. Белок, полученный на основе упомянутого гидролизата могут в том числе применять для обогащения гранул лиственной фракции, полученной на подготовительном этапе. Реактор-ферментер 16 снабжен мешалкой, средствами подачи воды для охлаждения и пара для нагрева внутреннего объема и толщи культивируемой среды в реакторе-ферментере 16,



воздуха для аэрации и чистой культуры. К выходному отверстию реактора-ферментера 16 подключена емкость для кормового белка 17.

Биоконверсию в одном из вариантов реализации осуществляют следующим образом. Первоначально чистую культуру вносят в малый посевной аппарат (на фигурах не показан) с питательной средой, рН которой доводится аммиачной водой или известковым молоком до 5,5-5,8. Культивирование осуществляют до накопления в среде 3,5-4,0 г клеток/л по абсолютно сухому веществу. Обычно для этого требуется 15-18 ч. Суспензию из посевного аппарата подают затем в большой посевной аппарат (на фигурах не показан), предварительно заполненный питательной средой и стерильной водой в соотношении от 1:6 до 1:8. Включают аэрацию и при постоянном доливе питательной среды и добавления аммиачной воды для поддержания заданного рН, осуществляют культивирование. На следующем этапе осуществляют выращивание засевной культуры в реакторе-ферментере 16, заполненный на 10 % по объему стерильной или кипяченой водой, куда вводится около 0,5 м<sup>3</sup> питательной среды и полностью перекачивается все содержимое из большого посевного аппарата. Выращивание посевного материала без отбора суспензии осуществляют 8-9 часов при интенсивной аэрации и постоянном доливе питательной среды до накопления в реакторе-ферментере 16 биомассы в количестве 4-5 г АСВ/л. После этого засеваемую культуру начинают отбирать на основное производство в количестве 1,3-1,7 м<sup>3</sup>/ч при одновременном доливе питательной среды. В реактор-ферментер 16 могут добавлять из бункера для хранения семенной фракции 18 порошок семенной фракции, полученный на первом этапе. Процесс ферментации длится от 5 до 10 суток, а затем цикл приготовления посевного материала возобновляется. Реактор-ферментер 16 является основным аппаратом на стадии биоконверсии, который обеспечивает рост и развитие популяций микроорганизмов в объеме жидкой фазы; транспорт питательных веществ к клеткам микроорганизмов; отвод от микробных клеток продуктов их обмена; отвод из среды тепла.

Затем следуют другие этапы технологической схемы получения кормовой биомассы:

- сгущение суспензии микроорганизмов, при которой концентрация биомассы повышается до 12-16 % АСВ;
- термообработка суспензии, при которой при нагревании микроорганизмов до температуры 75-85 °С в течение 10-40 мин происходит гибель штамма продуцента и практически всей сопутствующей микрофлоры;
- концентрирование суспензии методом выпаривания до 23-25 % АСВ;

– сушка для образования готового продукта с влажностью  $\approx 10\%$  (по массе).

После этого подготовленную кормовую биомассу подвергают грануляции и сушке перед фасовкой и упаковкой готового продукта или подают в гранулятор 4 на стадию гранулирования лиственной фракции первого подготовительного этапа, где полученная биоконверсией биомасса смешивается с лиственной фракцией перед формированием гранул.

Заявленный способ позволяет осуществлять комплексную переработку целлюлозосодержащих трав и оперативно реагировать на текущие потребности для получения различного сырья (продукции) в требуемом объеме и качестве, перенаправлением потоков сырья между технологическими участками. Кроме того, заявленная комплексная переработка целлюлозосодержащих трав, позволяет обеспечить безотходное производство за счет исключения применения в технологии кислот и щелочей, ограничивающих область применения сырья и упрощающих технологию получения экологически чистого сырья.

Получаемые на выходе продукты (сырье) могут использоваться в различных направлениях. Так, полученные на первом предварительном этапе гранулы лиственной фракции используют для корма животным, как высокопротеиновый продукт, так как известно, что лиственная фракция характеризуется наибольшим содержанием протеинов (белков). А обогащение этих гранул лиственной фракции порошком семенной фракции или белком, полученным биоконверсией гидролизата, полученного после стадии предгидролиза, в том числе с добавлением порошка семенной фракции позволяет повысить концентрацию белка (протеина) в этом корме для животных. Гидролизат, полученный после стадии гидролиза на втором участке возможно использовать как основу для получения минеральных удобрений. Целлюлозосодержащий порошок, полученный на выходе из первого участка, целлюлозосодержащую массу, полученную на выходе из второго участка и целлюлозосодержащее волокно, полученное на выходе из третьего участка можно использовать как по отдельности, для получения бумажно-картонной продукции различного качества и назначения, так и в различном сочетании при их смешивании на стадии производства бумажно-картонной продукции, что расширяет линейку продукции. Такая комбинированная модель позволяет гибко настроить производство, исключая простое технологических линий при снижении

спроса на какую-либо продукцию, перенаправлением сырья на один или два из трех технологических участков.

Заявленное изобретение позволяет реализовать принцип биорефайнинга - наиболее полной и рациональной переработки растительного сырья (луговых трав) и позволяет получить растительную целлюлозу из богатой клетчаткой стеблевой фракции, питательный корм из богатой протеином листевой фракции, различные виды белка из гидролизата стеблевой фракции, гранулированный корм обогащенный протеином и нативный реакционноспособный лигнин.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных, характеризующийся тем, что включает предварительное измельчение сена многолетних злаковых трав, сепарацию измельченного сена с возможностью отделения друг от друга стеблевой, листевой и семенной фракций, гранулирование листевой фракции для получения корма для животных и повторное измельчение семенной и стеблевой фракций, после которой измельченную семенную фракцию используют в качестве добавки к гранулированной листевой фракции или для получения питательной среды для культивирования протеинов, а сечку стеблевой фракции используют в качестве сырья для получения целлюлозосодержащего порошка, целлюлозосодержащей массы, целлюлозосодержащего волокнистого материала, гидролизатов и лигнина, при этом для получения целлюлозосодержащего порошка сечку стеблевой фракции размалывают в порошок, для получения целлюлозосодержащей массы сечку стеблевой фракции подвергают гидролизу в гидротропном растворе с возможностью удаления из целлюлозосодержащей массы лигнина, по окончании гидролиза отделяют от целлюлозосодержащих волокон гидролизат для получения на его основе удобрений, а волокна подвергают рафинированию в целлюлозосодержащую массу, для получения целлюлозосодержащего волокна сечку стеблевой фракции подвергают предгидролизу в воде, по окончании предгидролиза от целлюлозосодержащей массы отделяют гидролизат для использования его в качестве питательной среды для культивирования дрожжей, белка и микопroteина биоконверсией, а отделенную целлюлозосодержащую массу подвергают гидролизу в гидротропном растворе с возможностью удаления из целлюлозосодержащей массы лигнина, по окончании гидролиза целлюлозосодержащую массу подвергают рафинированию для получения целлюлозосодержащего волокна, а содержащий лигнин фильтрат, полученный в результате гидротропной варки подвергают разделению с возможностью отделения для повторного применения варочного раствора от лигнинсодержащего осадка, лигнинсодержащий осадок промывают водой и подвергают сушке.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что предварительное измельчение сена многолетних злаковых трав осуществляют до фракции размером от 10 до 30 мм.
3. Способ по п.1, отличающийся тем, что сепарацию осуществляют сухими методами.

4. Способ по п.1, отличающийся тем, что повторное измельчение стеблевой фракции осуществляют в сечку размером от 1 до 10 мм.
5. Способ по п.1, отличающийся тем, что семенную фракцию после повторного измельчения частично или полностью используют в качестве добавки к листевой фракции при ее гранулировании.
6. Способ по п.1, отличающийся тем, что сечку стеблевой фракции для получения целлюлозосодержащего порошка размалывают в порошок с размером частиц не более 1 мм.
7. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве гидротропного раствора для гидролиза для получения целлюлозосодержащей массы используют 30%-й раствор бензоата натрия.
8. Способ по п.1, отличающийся тем, что в качестве гидротропного раствора для гидролиза для получения целлюлозосодержащего волокна используют 40%-й раствор бензоата натрия.
9. Способ по п.1, отличающийся тем, что гидролиз в гидротропном растворе осуществляют в течение 1-3 часа.
10. Способ по п.1, отличающийся тем, что гидролиз в гидротропном растворе осуществляют при температуре 40-50 °С.
11. Способ по п.1, отличающийся тем, что перед рафинированием волокна при получении целлюлозосодержащей массы смачивают в воде.
12. Способ по п.1, отличающийся тем, что предгидролиз сечки в воде осуществляют при температуре 140°С.
13. Способ по п.1, отличающийся тем, что предгидролиз сечки в воде осуществляют в течение 0,5-1 часа.
14. Технологический комплекс для комплексной переработки луговых трав для получения целлюлозы, лигнина и питательного корма для животных, включающий линию предварительной подготовки и три технологических участка для получения целлюлозосодержащего порошка, целлюлозосодержащей массы и целлюлозосодержащего волокна, линия предварительной подготовки включает в себя средства загрузки сена многолетних злаковых трав, измельчитель для измельчения сена, сепаратор для отделения стеблевой, листевой и семенной фракций друг от друга после измельчения, гранулятор листевой фракции, измельчители для стеблевой и семенной фракций, средства хранения гранул листевой и семенной фракций, выход сепаратора с

отделенной стеблевой фракцией соединен с измельчителем стеблевой фракции, выход сепаратора с отделенной листевой фракцией соединен с гранулятором, а выход сепаратора с отделенной семенной фракцией соединен с измельчителем семенной фракции, гранулятор листевой фракции и измельчитель семенной фракции соединены со средствами хранения гранул листевой фракции и порошка семенной фракции, соответственно, выход линии предварительной подготовки соединен с технологическими участками перегружателем, выполненным с возможностью подачи сечки стеблевой фракции на технологические участки, технологический участок для получения целлюлозосодержащего порошка содержит последовательно соединенные измельчитель сечки в порошок и средство хранения целлюлозосодержащего порошка, технологический участок для получения целлюлозосодержащей массы содержит последовательно соединенные реактор для гидролиза, узел отжима для отделения гидролизата, рафинер, средство целлюлозосодержащей массы и соединенный с узлом отжима средство хранения гидролизата, технологический участок для получения целлюлозосодержащего волокна содержит реактор для предгидролиза и соединенный с ним узел отжима, узел отжима соединен с реактором для гидролиза и средством хранения гидролизата, полученного при предгидролизе, к реактору для гидролиза присоединен рафинер и средство хранения лигнина, рафинер соединен со средством хранения целлюлозосодержащего волокна, к средству хранения гидролизата последовательно подключены реактор-ферментер для биоконверсии гидролизата и средства хранения продуцентов, полученных в реакторе-ферментере.

15. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что средства загрузки выполнены в виде загрузочного бункера или подающего транспортера.

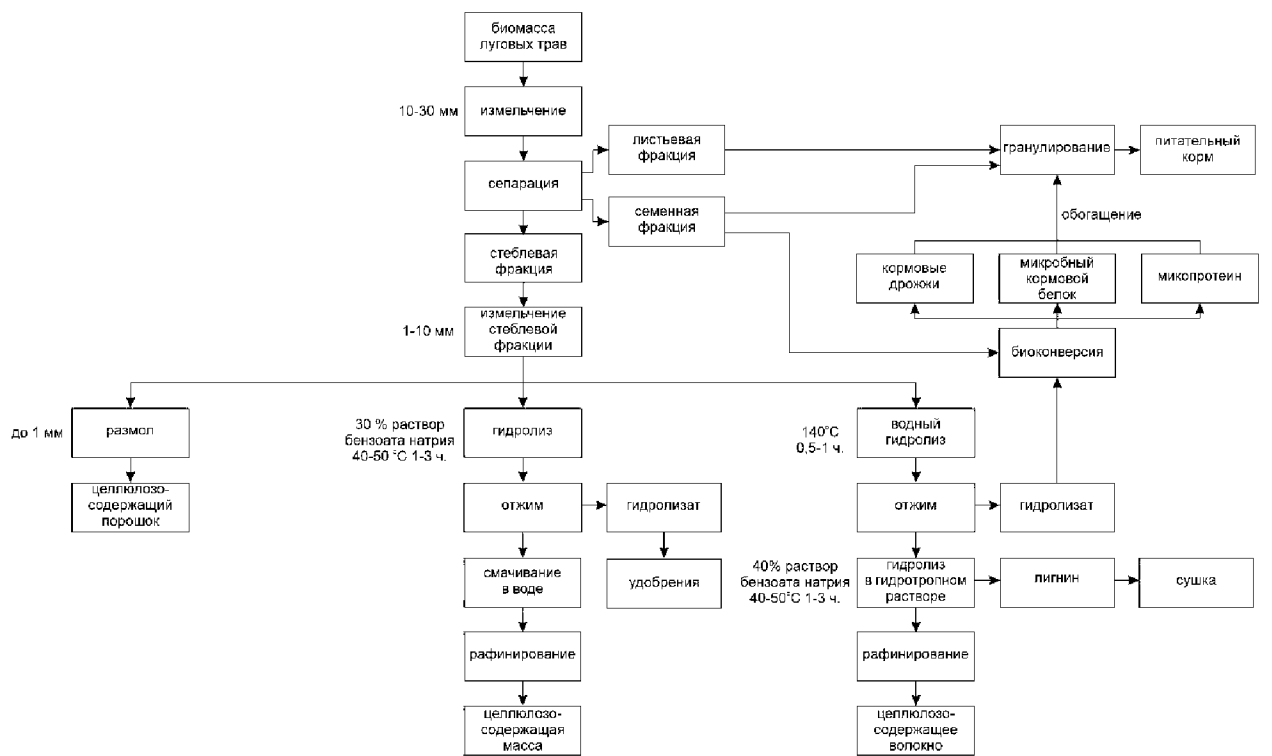
16. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что средства хранения гранул, порошка семенной фракции, целлюлозосодержащих порошка, массы, волокна выполнены в виде бункеров.

17. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что средства хранения гидролизата, лигнина, кормового белка выполнены в виде емкостей.

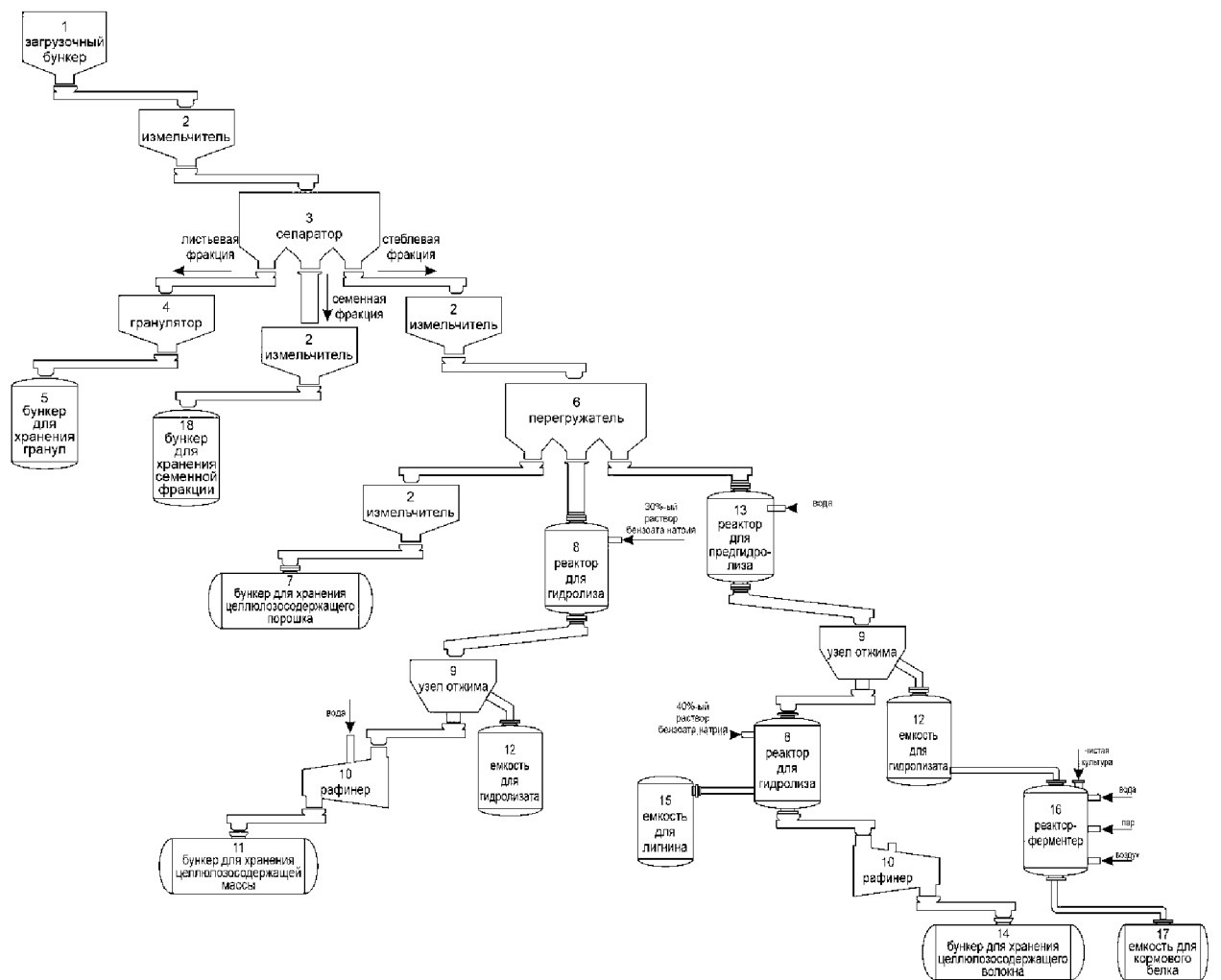
18. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что сепаратор выполнен сухого типа.

19. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что средства загрузки, измельчители, сепаратор, гранулятор, средства хранения соединены в технологическую линию транспортерами.

20. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что измельчители для измельчения сена и стеблевой фракции выполнены в виде дробилок, валковых или ножевых.
21. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что измельчитель семенной фракции выполнен в виде мельницы.
22. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что измельчитель сечки в целлюлозосодержащий порошок выполнен в виде конического рафинера, дискового измельчителя.
23. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что реактор для гидролиза, узел отжима, рафинер и средство хранения целлюлозосодержащей массы, а также реактор для гидролиза с перегружателем участка для получения целлюлозосодержащей массы соединены между собой транспортерами.
24. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что узел отжима участка для получения целлюлозосодержащей массы выполнен в виде центрифуги, пресса, экструдера.
25. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что узел отжима участка для получения целлюлозосодержащей массы соединен со средством хранения гидролизата трубопроводом.
26. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что реактор для предгидролиза, узел отжима, реактор для гидролиза, рафинер, средство хранения целлюлозосодержащего волокна, а также реактор для предгидролиза с перегружателем участка для получения целлюлозосодержащего волокна соединены между собой транспортерами.
27. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что узел отжима участка для получения целлюлозосодержащего волокна выполнен в виде сит, пресса, центрифуги или экструдера.
28. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что узел отжима для получения целлюлозосодержащего волокна и реактор для гидролиза соединены со средствами хранения гидролизата и лигнина трубопроводами.
29. Комплекс по п.14, отличающийся тем, что средства хранения целлюлозосодержащей массы и целлюлозосодержащего волокна выполнены в виде бункеров-сушилок, снабженных ворошителями.



Фиг.1



Фиг.2