

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ БИОМАССЫ (СОЛОМЫ ЗЕРНА И МАСЛИЧНЫХ
КУЛЬТУР) ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТЕПЛА В КАЗАХСТАНЕ**

**ҚАЗАҚСТАНДА ЖЫЛУ ӨНДІРУ ҮШІН АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҒЫ БИОМАССАСЫН
(САБАН АСТЫҚ ЖӘНЕ МАЙЛЫ ДАҚЫЛДАР) ПАЙДАЛАНУДЫҢ
ТЕХНИКАЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ОРЫНДЫЛЫҒЫ**

**TECHNICAL AND ECONOMIC FEASIBILITY OF USING AGRICULTURAL BIOMASS
(GRAIN STRAW AND OILSEEDS) FOR HEAT PRODUCTION IN KAZAKHSTAN**

Г.У. АКИМБЕКОВА¹

д.э.н, профессор

А.Б. БАЙМУХАНОВ^{1*}

к.э.н.

Д.Д. САРБАСОВ²

к.т.н.

¹*Казахский научно-исследовательский институт экономики АПК и развития сельских территорий, Алматы, Казахстан*

²*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан*

**электронная почта автора: a748ern@mail.ru*

Ғ.Ү. ӘКІМБЕКОВА¹

э.ф.д., профессор

А.Б. БАЙМУХАНОВ^{1*}

э.ф.к.

Д.Д. САРБАСОВ²

т.ф.к.

¹*Қазақ аграрлық-өнеркәсіптік кешенінің экономикасы және ауылдық аумақтарды дамыту ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан*

²*Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан*

**автордың электрондық поштасы: a748ern@mail.ru*

G.U. AKIMBEKOVA¹

Dr.E.Sc., Professor

A.B. BAYMUKHANOV^{1*}

C.E.Sc.

D. SARBASSOV²

C.Eng.Sc.

¹*Kazakh Research Institute of Economy of Agro-Industrial Complex and Rural Development, Almaty, Kazakhstan*

²*L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan*

**corresponding authors email: a748ern@mail.ru*

Аннотация. Устойчивый тренд последних десятилетий – поиск и внедрение эффективных рациональных и возобновляемых источников тепловой энергии для снижения загрязнения окружающей среды. Пеллеты из сельскохозяйственной биомассы можно использовать в качестве биотоплива. Цель – рассмотрены вопросы развития биоэнергетики в Казахстане, экономической целесообразности применения данной технологии за счет управления цепочками поставок соломы зерна и масличных растений от поля до потребителя. Методы – анализ логистического аудита, при котором исследованы характеристики производственно-сбытовых звеньев от сырья до энергоресурсов, с учетом каждого этапа логистики: сбор урожая, хранение, транспортировка, связанные с этим затраты и поток информации по логистическим каналам. Результаты – определены основные логистические цепочки доставки данного органического энергоносителя, его стоимость и сложные логистические опера-

Түйінді сөздер: агроөнеркәсіптік кешен, биомасса, тиімділікті бағалау, жаңартылатын энергия көздері, логистикалық тізбектер, энергиямен жабдықтау, рентабельділік, пайда, бәсекеге қабілеттілік.

Keywords: agro-industrial complex, biomass, efficiency assessment, renewable energy sources, supply chains, energy supply, profitability, profit, competitiveness.

Введение. Для эффективного роста агропромышленного сектора Казахстана требуется развитие направления по локальному энергоснабжению при использовании возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Надежное энергоснабжение данной системы возможно параллельно с централизованной сетью или резервным источником питания с помощью дизеля или газогенераторов.

В развитии биоэнергетики заложен огромный потенциал, так как Казахстан обладает значительными объемами доступных органических отходов в виде соломы, навоза, остатков переработки сельскохозяйственной продукции. В современном мире широко применяются различные технологии, позволяющие перерабатывать органические отходы в доступную тепловую и электрическую энергию: биогазовые установки, брикетирование соломы, применение котлов для сжигания рулонов соломы и др. Использование и преобразование биологических отходов в агропредприятиях позволит решить не только экологические проблемы, но и снизить эксплуатационные расходы, повысить энергетическую безопасность предприятия, получать дополнительный доход за счет продажи переработанной продукции.

Потенциал возобновляемых энергоресурсов определяется путем оценки энергетического и технического потенциала. Однако при этом необходимо учитывать экономическую целесообразность его использования в конкретном месте, в рамках определенной технологии на основании достигнутого и возможного технологического уровня, а также всех совокупных затрат.

В данной работе выполнена оценка технико-экономической целесообразности использования сельскохозяйственной биомассы (соломы зерновых и масличных культур) для производства тепла, позволяющей инвесторам и агропредприятиям сравнить затраты и расходы при формировании и компоновке технологий переработки сельскохозяйственных отходов в зависимости от конкретных условий расположения предприятия, объектов инфраструктуры и предполагаемых объемов, необходимых для окупаемости проекта.

Материал и методы исследования.

Методология исследования базировалась на использовании анализа логистического аудита, при котором исследовались характеристики производственно-сбытовых цепочек от сырья до энергии (PtE), рассматривался каждый основной этап логистики (сбор урожая, хранение и транспортировка), а также связанные с ними затраты и поток информации по логистической цепочке, определялись ограничения в логистической цепочке. Рекомендованы соответствующие меры для продвижения маркетинга сельскохозяйственных отходов биомассы (соломы) с упором на поставку качественных тюков как топлива с целью повышения устойчивости производства возобновляемой энергии.

Определены существующие и потенциальные цепочки создания стоимости от образования отхода до выработки энергии (PtE) в изучаемых областях. Описаны логистические операции по цепочке от фермы до конечного потребителя.

Данные собраны в течение 2021-2022 гг. с использованием комплексного опросника. Разработаны вопросы, необходимые для сбора данных (с целью исследования логистических операций в цепочке создания стоимости PtE). Анкета, охватывающая все этапы цепочки поставок отходов биомассы, состояла из 20 вопросов, оценивающих доступность цепочки поставок отходов биомассы и определяющих логистические цепочки, потенциально подлежащих исследованию.

Результаты и их обсуждение. В мире накоплен достаточно большой опыт по использованию растительных отходов сельскохозяйственного производства, в первую очередь соломы, для энергетических целей. Более того, поскольку биомасса является единственным возобновляемым источником энергии, способным обеспечивать энергию в трех основных формах (твердое, жидкое и газообразное топливо для отопления, электричества и транспорта) и позволяющим диверсифицировать риски, связанные с перебоями в энергоснабжении, укрепить энергетическую безопасность предприятия.

Стоимость биомассы для производства энергии оказывается более стабиль-

ной во времени и более дешевой, чем стоимость ископаемого топлива. Кроме того, рост цен на ископаемые энергоносители вызывает повышение стоимости топлива, что в сочетании с трудностями прогнозирования цен подвергает агропредприятия к риску колебания цен на энергию, влияющих на прибыль предприятия и снижающих конкурентоспособность [1].

Однако использование отходов ограничено из-за проблем, связанных с логистикой при сборе урожая, переработке и их транспортировке. Относительно редко проводятся исследования управления цепочками поставок биомассы. Этот пробел должен быть устранен, поскольку цепочки поставок биомассы очень важны.

Управление цепочками поставок биомассы связано со стоимостью и сложными логистическими операциями при производстве и использовании энергии биомассы. Остатки зерновых и масличных культур могут быть значительным источником энергии, при условии их правильного сбора и превращения в биотопливо. Несмотря на то, что их количество варьирует для различных культур и регионов, потенциальный объем отходов перед сбором урожая оценивается в тоннах на 1 гектар.

Для определения уровня логистической деятельности вдоль цепочек создания стоимости сельскохозяйственных отходов в качестве топлива для котельной и описания эффективности логистики на основе существующих и потенциальных цепочек поставок биомассы проведен анализ логистического аудита, при котором исследованы характеристики производственно-сбытовых цепочек от сырья до энергии (PtE). Рассматривается каждый основной этап

логистики: сбор урожая, хранение и транспортировка, а также связанные с ними затраты и поток информации по логистической цепочке. Конкретные цели включают определение существующих и потенциальных цепочек создания стоимости от образования отходов до выработки энергии (PtE) в изучаемых областях, а также описание логистических операций по цепочке от фермы до конечного потребителя [2].

Правила, касающиеся транспортировки соломы, непосредственно воздействует на количество соломы, которую можно перемещать и, следовательно, на стоимость перемещения соломы. Кроме того, требуется учитывать правила, касающиеся предотвращения пожаров и борьбы с грызунами, поскольку они могут влиять на хранение и транспортировку соломы. Основные требования по перевозке в отношении веса и размеров транспортных средств утверждены в Правилах перевозки опасных грузов автомобильным транспортом и перечне опасных грузов, допускаемых к перевозке автотранспортными средствами на территории Республики Казахстан [3].

Традиционно биомасса использовалась преимущественно в качестве источника тепловой энергии вблизи мест ее производства. Однако современная тенденция такова, что объекты производства энергии требуют большого количества биомассы для непрерывного производства различных форм энергии, а значит, более сложного управления цепочками поставок биомассы [4,5]. На рисунке 1 представлена типичная цепочка создания стоимости PtE и главные отличительные характеристики цепочек поставок биомассы.

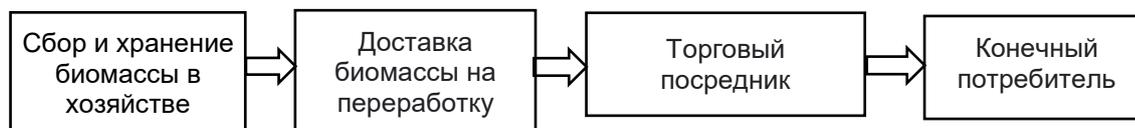


Рисунок 1 - Цепочка создания стоимости PtE

При организации логистических операций по цепочке создания стоимости PtE четко определенные роли участников важны для их интегрированного управления. Фермер (или сельхозпредприятие) является заинтересованной стороной в цепочке, имеющий возможность участия различными способами (например, в качестве производителя биомассы, продавца биомассы и оператора логистики биомассы). В контексте настоящего исследования, как:

- производитель биомассы: на уровне фермы или сельхозпредприятия, осу-

ществляющий различные виды деятельности: производство сырья (биомассы); сбор, а также обработка (тюкование); хранение в полевых условиях; погрузка на транспорт; в некоторых случаях доставка биомассы конечному потребителю;

- переработчик: может быть посредником и выполнять обработку/переработку (сушку, прессование и измельчение), хранение, покупку/продажу и разгрузку/погрузку;

- дистрибьютор: осуществляет закупку и торговлю; обработку (хранение, сушка, прессование, измельчение, смешивание и

сортировка); контроль качества; разгрузку/погрузку и транспортировку;

- конечный пользователь: выполняет закупку, контроль качества биомассы, хранение и в основном производство энергии/тепла.

Разработка эффективной логистики биомассы для сельского хозяйства требует тщательного рассмотрения потенциала производства энергии типа биомассы, имеющегося в районе исследования, ситуации с землепользованием в этом районе, сезонных колебаний поставок биомассы, наличия эффективной транспортной сети и основных ограничений, препятствующих развитию систем возобновляемой энергии из биомассы.

На оптимальность управления и использования энергетических ресурсов биомассы воздействует множество факторов, а именно: система логистики, свойства ресурсов биомассы (количество, качество и сезонность), размер предприятия, доступные технологии для преобразования энергии, баланс выбросов CO₂ и имеющиеся потенциальные потребители [6,7]. В процессе исследования северного региона (Северо-Казахстанская, Павлодарская и др. области) выявлен недостаток информации об использовании отходов зерновых и масличных культур для производства биомассы. Незнание технических ограничений в отношении систем сбора урожая, ограничений информации о количестве и качестве отходов, о ресурсах биомассы на местном и национальном уровне, а также отсутствие адекватных инструментов и методов для снижения стоимости логистических операций по всей цепочке поставок биомассы.

По результатам интервью с руководителями сельскохозяйственных предприятий, с особым акцентом на предприятиях, имеющих потенциально большие проблемы логистики, следует разработать модель логистического аудита для сельскохозяйственных предприятий. При этом постоянный аудит логистики с помощью комплексной методологии логистического аудита должен минимизировать стоимость логистических систем.

Логистический аудит касается оценки качества (например, качество и надежность при планировании логистических операций), технологий, производительности и внешних факторов (например, влияние отношений между клиентами и поставщиками) [8]. В этом исследовании метод логистического аудита применяется в качестве инструмента оценки для устране-

ния ограничений в логистической цепочке и выявления возможностей с целью дальнейшего улучшения логистических процессов или как вспомогательный инструмент для (пере)разработки устойчивых логистических стратегий в отношении сельскохозяйственных отходов с учетом требований заказчика.

Контрольный список аудита логистики, который можно применять для потока биомассы. В процессе логистического аудита понимание всех логистических процессов помогает определить следующее: (i) узкие места, (ii) потенциальные области и методы улучшения и (iii) передовые технологии и методы, которые могут применяться эффективно. В случае цепочки создания стоимости PtE эти факторы были определены на разных уровнях цепочки поставок, а именно: возникновение отходов, сбор урожая, хранение и транспортировка.

В связи с этим важен контрольный список аудита логистики, который можно использовать для оценки логистической цепочки биомассы. На основе данных различных литературных источников, следующий контрольный список аудита логистики с некоторыми критическими точками (ключевыми областями) был подготовлен для исследования возможности сокращения стоимости логистики биомассы в выявленных цепочках при создании стоимости PtE:

- источники биомассы и продуктивность: определение всех потенциальных источников биомассы (например, один источник или несколько источников биомассы), сезонные колебания и продуктивность на 1 га площади;
- сбор биомассы: определение типов сбора и методов сбора и/или машин;
- закупка биомассы: изучение (имеющихся) контрактов на спрос и предложение во время закупки биомассы, оценка регулярных вмешательств и мер стимулирования (государственные программы, налоговые льготы, субсидии и обязательное смешивание биотоплива с традиционными видами топлива), включенных в контракты, выбор поставщиков биомассы и транспортировка биомассы в процессе закупок;
- хранение и деятельность на уровне хранения: типы хранилищ (хранилище в поле, промежуточное хранилище или хранилище конечного пользователя), расположение хранилищ, типы используемых методов предварительной обработки, расположение и вместимость хранилищ, технических условий и объектов складской инфраструктуры;

- транспорт: тип основного транспорта; транспортировка биомассы в хранилище и/или на энергетические установки; транспортировка полуфабрикатов и готовой продукции; управление упаковкой, погрузкой и разгрузкой;

- потребительские характеристики котельных/биомассы: мощность, гибкость и ограниченность установки; виды технологий; состояние машин и транспортных средств электростанции; окно времени работы; коэффициент нагрузки (процент времени, в течение которого оборудование использовалось в пределах временного окна работы);

- информационные технологии (ИТ) на разных уровнях цепочки поставок биомассы: определение типа ИТ-инструментов, средств связи, а также методов сбора и обработки информации и данных на разных уровнях цепочки создания стоимости PtE;

- стоимость системы: это могут быть инвестиционные затраты, цены покупки и продажи биомассы, затраты на отходы, затраты на сбор и переработку, затраты на хранение и транспортные расходы;

- устойчивость системы PtE: исследование экономических, экологических и социальных последствий; ограничения; возможности, влияющие на устойчивость системы; а также с использованием технико-экономического анализа;

- повышение производительности: предоставление рекомендаций по улучшению структуры цепочки создания стоимости PtE и системы управления.

Логистические конфигурации и основные действующие лица. В таблице 1 и на рисунке 2 показаны типы конфигурации логистики (LCT) на основе логистических операций в исследованных цепочках создания стоимости PtE.

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что около 2% цепочек добавленной стоимости PtE имеют хранилища биомассы на промежуточном участке и/или на ферме.

На рисунке 2 показано, что биомасса может использоваться в качестве источника энергии для собственного потребления или для сбыта. В LCT1 отходы собираются, хранятся и используются для собственного потребления энергии производителем биомассы (фермером). В LCT2 отходы собирают, временно хранят в поле и доставляют конечному пользователю. В LCT2 собранные отходы должны храниться на складе за пределами фермы, а затем доставляться конечному пользователю. В случаях LCT4 и LCT5 отходы доставляются конечному пользователю напрямую, но LCT4 осуществляет хранение рядом с электростанцией [9].

Таблица 1 - Основные типы конфигурации логистики

Тип конфигурации логистики (LCT)		Цепочка создания стоимости PtE	
		количество, ед.	%
LCT1	Самостоятельное потребление (с хранением или без), без существенного транспорта	9	45
LCT2	Хранение на ферме, а затем прямая доставка конечному пользователю	7	35
LCT3	Промежуточное хранилище	1	5
LCT4	Прямая доставка и хранение у конечного пользователя	2	10
LCT5	Без склада, но с прямой доставкой	1	5
Всего		20	100

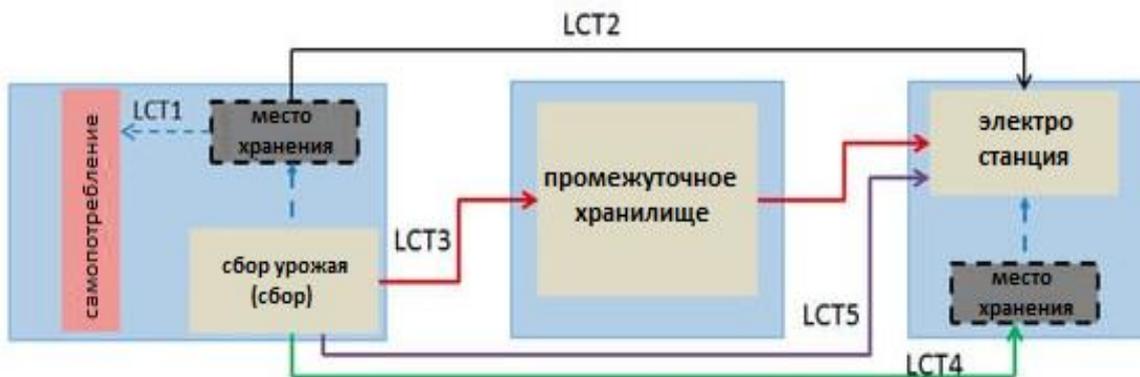


Рисунок 2 - Основные типы логистических конфигураций, выявленные в исследованных цепочках

Собранную биомассу можно высушить и временно хранить на поле в виде тюков и/или паллет. В случае промежуточного хранения биомассу можно собирать с нескольких полей и разновидностей биомассы [10]. Аналогично может быть несколько

конечных пользователей, имеющих электростанции разной мощности.

В таблице 2 представлены главные участники (фермеры, торговцы биомассой, конечные пользователи) и основные логистические операции каждой из цепочек.

Таблица 2 - Основные действующие лица и логистическая деятельность в 20 цепочках добавленной стоимости PtE, изученных в данном исследовании

LCT	Основной участник	Логистическая деятельность
LCT3	Фермер, посредник и конечный пользователь	Отходы собираются, прессуются на ферме и доставляются конечному пользователю
LCT2	Фермер, поставщик услуг, субподрядчик, потребитель	Отходы собираются, хранятся в поле (субподрядчиком) и доставляются конечному пользователю
LCT4	Фермер	Отходы перерабатываются в тюки и транспортируются на хранение для собственного потребления
LCT3	Фермер	Отходы перерабатываются в тюки и транспортируются на хранение для собственного потребления
LCT1	Фермер	Отходы собираются, хранятся на ферме и измельчаются для собственного потребления для отопления
LCT2	Фермер (поставщик) и потребитель	Отходы перерабатываются в тюки, хранятся на ферме и транспортируются к конечному потребителю
LCT5	Фермер, торговец с транспортом и конечный потребитель	Отходы производятся в валок (фермерами), собираются (комплексная уборка/предварительное измельчение торговцем); и полностью измельчаются на месте и транспортируются на электростанцию для выработки электроэнергии
LCT4	Фермер	Отходы собираются, часть используются для собственного потребления, часть доставляется конечному потребителю для хранения и использования

Отходы и характеристики. В исследованных логистических цепочках деятельность хозяйств осуществляется почти во всех случаях использования соломы в качестве органического удобрения. Время, в течение которого фермеры оставляют отходы на почве (после сбора урожая), варьируется от 1 до 60 дней. В большинстве случаев солома может оставаться в поле более недели. Традиционное обращение с сельскохозяйственными отходами предусматривает измельчение на полях в качестве органического удобрения или его частичное использование.

Сбор/сбор отходы. Сбор (заготовка), производимая с помощью уборочных машин, в виде тюков. В некоторых случаях применяются интегрированные системы валкования-уборки/тюковки или системы валкования-уборки/измельчения. Участники заинтересованы во внедрении усовершенствованных и интегрированных систем заготовок. Однако это может ограничиваться высокими инвестиционными и логистическими затратами, а также отсутствием конечных пользователей (потребителей биомассы).

Возможность использования уборочной машины зависит от наличия биомассы

и потребности в энергии. Исходя из ограниченной информации о минимальном требуемом растительном покрове, необходимая площадь составляет от 20 га в зависимости от урожайности культур. Аналогично минимальная площадь посевов, требуемая для приобретения пресс-подборщика/измельчителя, варьируется от 5 га. Однако для приобретения новой уборочной машины (пресс-подборщика или измельчителя) и организации эффективной цепочки можно рекомендовать минимальное покрытие посевов в 100 га, исходя из полученных результатов данного исследования.

Характеристики хранилища и действия на уровне хранилища. В процессе исследования биомассу можно собирать и напрямую транспортировать к конечным пользователям (без использования хранилища) или хранить в течение ограниченного времени. Места хранения неодинаковы в разных цепочках. В некоторых случаях можно использовать как внутривозрастные, так и внехозяйственные хранилища. Биомасса может храниться в виде тюков или пеллетов. Поскольку во многих случаях используется хранение на ферме, следует обратить внимание на условия хранения на ферме и с целью улучшения качества био-

массы. В промежуточном хранилище и в хранилище, примыкающем к объектам конечного потребителя, в основном используется капитальное хранилище.

Размер и вместимость хранилища зависят от количества обрабатываемой биомассы и доступной площади для хранения. При этом площадь хранения варьируется от 150 м², а мощность (в пересчете на перерабатываемую биомассу) – от 40 м³ в год [11,12]. В отдельных случаях, несмотря на то, что хранилище имеет крышу, материал остается открытым, что может ухудшить состояние биомассы и ограничить снижение влажности.

Транспорт. Для разных случаев PtE определены различные расстояния транспортировки. В существующих логистических цепочках расстояние от фермы до потребителя находилось в пределах от 2 до 60 км (4-120 км туда и обратно), хотя в среднем около 43 км (таблица 3). В демонстрационных случаях учитывались наибольшие расстояния, чем в зарегистрированных во время исследования данных о существующей цепочке поставок биомассы. Системы PtE могут быть более привлекательными с экономической точки зрения, при условии близкого расположения от планировочной площади конечных пользователей.

Таблица 3 - Среднее расстояние транспортировки (туда и обратно) биомассы (соломы) в Северо-Казахстанской и Павлодарской областях

Область	От фермы до склада, км	От хранения до потребителя, км	От фермы до потребителя, км
Павлодарская	15	28	43
Северо-Казахстанская	14	116	130

Фермеры обычно владеют тракторами и небольшими транспортными средствами с прицепами для внутрихозяйственных перевозок. В случае небольших расстояний между фермой и складом часто используют прицепы меньшего объема (3–10 м³). Для транспортировки от места хранения к потребителю или для транспортировки на большие расстояния от фермы к внешнему складу выгоднее транспортные средства объемом 16-100 м³. Трудность в том, что выделить подходящие грузовики не удается. Приоритетным было изучение логистической цепочки для отходов биомассы от стадии сбора/заготовки до конечной точки. Отходы могут использоваться (в виде тюков) для производства тепла, электроэнергии или перерабатываться в гранулы.

Оценка возможностей использования современных средств оптимизации логистики. Поскольку продукты биомассы перемещаются по логистической цепочке, необходим соответствующий информационный поток. Это облегчает взаимодействие между различными участниками цепочки, управление логистическими операциями и контроль качества для уменьшения потерь биомассы. С целью обеспечения качественного и принципиально нового уровня организации грузоперевозок и управления транспортными системами требуются информационные технологии, что и является актуальной темой на сегодняшний день.

К сожалению, на данном этапе применения информационных систем недостаточно, так как ожидаемый результат не со-

ответствует объему их применения. Причина заключается в отсутствии систематизированного подхода к решению задач транспортных перевозок биомассы. Основными средствами связи между различными участниками цепочки создания стоимости PtE являются личное общение, телефон, Интернет. Однако почти во всех существующих цепочках PtE отсутствуют системы маркировки биомассы отходов и отслеживания.

Параметры качества биомассы как содержание влаги, размер тюка, должны быть доступны и должным образом передаваться по цепочке. Из изученных цепочек около 75% имеют информацию о содержании влаги. В большинстве случаев упоминается и другая информация о смешивании отходов биомассы, размерах тюка. Основным методом контроля качества биомассы является визуальный осмотр с целью уменьшить загрязнение почвой и другими примесями. Некоторые конечные потребители предъявляют требования к содержанию влаги, зольности и размеру тюков. В отношении качества биомассы проблемы возникают при выборе способа уменьшения количества примесей (частиц почвы, камней, пластика и металлической проволоки) и избежать попадания камней и земляных материалов во время погрузки.

Результаты исследования показали, что для непрерывного потока информации о прослеживаемости с адекватными параметрами качества биомассы необходимо разработать эффективный и хорошо орга-

низованный поток информации по всей цепочке создания стоимости. В связи с этим конкретными источниками информации определены веб-сайты, журналы, конференции, советы других субъектов и компаний. Однако не было представлено четкой информации о соответствующих программах обучения участникам, в первую очередь организаторам производственно-сбытовых цепочек.

Покупка и продажа биомассы. Как правило отходы биомассы предназначены для собственного потребления фермером или для переработки и продажи с целью получения возобновляемой энергии. Если торговцы (поставщики услуг) реализуют биомассу, в таких случаях соглашение с фермерами часто бывает простым; фермерам нужно только подготовить солому для транспортировки с поля, в то время как поставщик услуг должен собрать, обработать и продать её. Когда договор о закупках между фермерами и поставщиками услуг, а также между поставщиками услуг и конечными потреби-

телями хорошо скоординирован, поставщики услуг могут достаточно быстро собрать продукцию при условии, что рыночные цены позволяют им получать разумную норму прибыли. В связи с этим надежность соглашения между организатором и конечным потребителем очень важна для инициирования и устойчивости поставок.

Продажная цена продукта биомассы (тюков) в регионе и ожидаемый доход соответствующих субъектов влияют на закупку и маркетинг биомассы для использования в качестве топлива или выработки энергии. Цена биомассы (тюков) в регионе и ожидаемый доход соответствующих субъектов влияют на закупку и маркетинг биомассы с целью использования для получения энергии. Цены продажи продукта представлены в таблице 4 вместе с расчетными операционными затратами на логистику для каждой цепочки создания стоимости; реализационная цена составляет от 14,3 €/т до 15,9 €/т для тюков.

Таблица 4 – Общие эксплуатационные расходы с учетом этапов сбора, хранения и транспортировки автомобильным транспортом

Область	От фермы до потребителя, км	Себестоимость заготовки биомассы (соломы), €/т	Эксплуатационные расходы (сбор, хранение, транспортировка), €/т	Цена реализации продукта, €/т
Павлодарская	43	9,18	11,93	14,32
Северо-Казахстанская	130	9,79	13,22	15,87

Потери биомассы при продвижении от поля до котельной. Чрезмерные потери биомассы в логистической цепочке ставят под угрозу устойчивость поставок. Так, максимальные общие потери биомассы по каждой цепочке поставок могут достигать 37% (в случае пеллетов) и 32% (в случае тюков). Наибольшие потери происходят на стадии сбора (заготовки) и стадии хранения. Потери при транспортировке незначительны и, как правило, связаны с погрузочно-разгрузочными работами. В таблице 5 показаны потери при погрузке-разгрузке, для простоты включены в потери на стадиях уборки/сбора и хранения. Средние потери по цепочке (заготовка, хранение и транспортировка) составляют 16% для поставки в виде тюков.

Основные ограничения, выявленные в логистической цепи. Чтобы предложить необходимые меры, важно найти ограничения в логистических цепочках. Основные барьеры, препятствующие реализации инициатив PtE, включают более низкий уровень осведомленности фермеров и конечных пользователей о цепочке; отсутствие устоявшейся модели (опыта) для подражания; неуверенность в системе поставок отходов и ее прибыльности (высокая стоимость системы, особенно первоначальные инвестиционные затраты, но более низкая цена энергии на рынке); потеря возможности использовать отходы как органическое удобрение почвы.

Таблица 5 - Сводная информация о средних потерях биомассы для определенных цепочек

Показатель	Пеллеты (%), диапазон	Тюк (%), диапазон
Сбор урожая	9,22 (0,2–27,0)	9,42 (1,0–22,00)
Место хранения	6,7 (0,3–15,0)	2,84 (0,2–10,00)
Общая цепочка	12,39 (0,50–37)	15,45 (1,20–32,00)

На сегодняшний день одним из сдерживающих факторов для фермеров является недостаток информации о том, как рассчитать потенциал биомассы. Следовательно, необходимо проводить дополнительные исследования и собирать надежные данные, предоставляя их для продвижения использования ВИЭ. Отсутствуют хорошо организованный информационный поток и система для эффективного и ответственного управления цепочкой создания стоимости биомассы. Следовательно, при планировании усовершенствованной системы обработки и распределения сокращений, ее следует дополнить эффективной системой управления для эффективного интегрирования отслеживаемости информации.

Описание логистических цепочек биомассы (соломы) было выполнено с целью установления основных логистических операций по цепочке поставок отходов от поля (фермы) до конечного потребителя, а также критических точек для вмешательства. Оценка цепочки создания стоимости от поля до энергии возможна при исследовании конкретных характеристик цепочки поставок биомассы; разработки критериев логистического аудита; выполнения анализа аудита логистики.

В целом выявлены 5 цепочек, эффективность логистики которых была систематически проанализирована. Прямой опрос с помощью комплексной анкеты использовался для получения данных по каждой цепочке. Обследование касалось основных участников, т.е. фермеров, торговцев и перевозчиков, поставщиков услуг (обработка, измельчение и пакетирование), соответствующих экспертов и конечных пользователей биомассы. В этом подходе к анализу логистического аудита была рассмотрена вся логистическая цепочка, от отходов сельскохозяйственных культур до конечного потребления, с основным акцентом на сбор урожая, хранение и транспортировку.

Несмотря на то, что исследуемые цепочки имеют разную логистическую конфигурацию и работают в разных регионах, что не позволяет сформулировать общие выводы, значения важных параметров можно представить в следующих диапазонах:

* потери биомассы для тюков (при заготовке, хранении и транспортировке) колеблются от 1,2 до 32%;

* предполагаемые общие эксплуатационные расходы (на этапах сбора урожая, хранения и транспортировки) колеблются

при поставке в виде тюков от 11,9€/т до 13,2 €/т;

* цена продажи биомассы (соломы) варьируется от 14,3€/т до 15,8€/т для тюков;

* для приобретения уборочной техники (пресс-подборщика или измельчителя) и инициирования привлекательной цепочки рекомендуется площадь не менее 100 гектаров.

Основные выявленные ограничения, влияющие на цепочки, связаны с определением подходящей системы сбора, хранения и транспортировки и, как следствие, высокими инвестиционными и эксплуатационными расходами; потерями биомассы на месте заготовки и хранения; загрязнением биомассы примесями (почва, камни и металлы); повышением транспортных расходов с увеличением расстояния транспортировки, отсутствия соответствующих грузовиков и/или систем погрузки/разгрузки; и меньшее доверие конечных потребителей к качеству и количеству поставок биомассы для существующих котлов или к инвестициям в новые электростанции.

Результаты исследования могут быть использованы в качестве важного ориентира при проведении дополнительных исследований, а также с целью создания эффективной цепочки в отношении стоимости отходов биомассы и торговых систем.

Заключение

1. Производство брикетов\пеллет является перспективным видом деятельности, что, с одной стороны, обусловлено ростом спроса на данный вид продукции и, как следствие, возникновением новых производителей брикетов\пеллет, увеличением производственных мощностей в целом. Использование угля в качестве топлива следует постоянно снижать путем замены сельскохозяйственными отходами в качестве технологического сырья. Создавать инфраструктуру по использованию брикетов и пеллет, увеличивать количество заводов по производству брикетов и пеллет.

2. Производство брикетов позволит решить жизненно важные экономические и социальные аспекты, как:

- сохранение и рациональное использование биоресурсов;

- производство твердого альтернативного вида топлива из отходов растениеводства в виде брикетов;

- формирование сервисной инфраструктуры, способствующей функционированию объектов биоэнергетики;

- сохранение кадров и решение проблем трудозанятости путем создания рабочих мест с круглогодичной занятостью;
- диверсификация выручки сельскохозяйственных предприятий (в отличие от цен на зерно, цены на солому не будут подвержены мировым колебаниям, что увеличит выручку и экономическую устойчивость сельхозпредприятий);
- поддержка отраслей строительства (склады, цеха), транспорта, возникновение запроса на интеллектуальные услуги в области логистики, учета и пр.;
- поступление налоговых платежей в бюджет.

3. При определенных условиях производство брикетов конкурентоспособно и может стать успешным и эффективным направлением энергобизнеса на селе, а для предприятий АПК – перспективным способом повышения энергоэффективности, энергосбережения и доходности производства.

Список литературы

- [1] Iakovou, E. Waste biomass-to-energy supply chain management: A critical synthesis / E.Iakovou, A.Karagiannidis, D. Vlachos, A.Toka, A. Malamakis // *Waste Management*. – 2010. – Vol. 30. – N 1. – P. 1860–1870.
- [2] Andersen, R.S. Assessing the potential for biomass energy to contribute to Scotland's renewable energy needs / R.S. Andersen, W. Towers, P.Smith // *Biomass Bioenergy*. – 2005. – Vol. 29.- N 1. – P. 73–82.
- [3] Правила перевозки опасных грузов автомобильным транспортом и перечня опасных грузов, допускаемых к перевозке автотранспортными средствами на территории РК [Электронный ресурс]. – 2015. – URL <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011779> (дата обращения: 17.04 2015).
- [4] Efthymios, R. Computational Tool for Comparative Energy Cost Analysis of Multiple-Crop Production Systems / R. Efthymios, B. Remigio, B. Dionysis, B. Patrizia, S. Alessandro // *Energies*.– 2017.– Vol.10. – № 7.-P. 831-838.
- [5] Ciubota-Rosie, C. Biomass - An important renewable source of energy in romania / C. Ciubota-Rosie, M. Gavrilescu, M. Macoveanu // *Environmental Engineering and Management Journal*.– 2008.– Vol. 7.-N. 5.-P. 559-568.
- [6] Frombo, F. Planning woody biomass logistics for energy production: A strategic decision model / F. Frombo, R. Minciardia, M. Robbaa, F. Rossob, R Sacilea // *Biomass Bioenergy*.– 2009.– Vol. 33. -N. 1 – P. 372–383.
- [7] Dyjakon, A. Harvesting and Baling of Pruned Biomass in Apple Orchards for Energy

Production / A. Dyjakon // *Energies*. – 2018. – Vol. 11. -N 7. – P. 1680-1686.

[8] Rentizelas, A.A. Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain / A.A.Rentizelas, A.J. Tolis, I.P. Tatsiopoulos // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2009. – Vol. 13. –N 1. – P. 887–894.

[9] Dyjakona, A. Orchards pruning to energy - the results of the environmental impact assessment of the new logistic chain developed within the europ pruning project / A. Dyjakona, J. Boera, D. García-Galindob, F. Adamczyk, E. Lopez, F. Sebastian, A. Suardid, G. Gebresenbete, R. Jirjise, T. Bosonae // *Agricultural Engineering*.– 2018. – Vol. 22. –N 1. – P. 37–48.

[10] Uslu, A. Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Technoeconomic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation / A. Uslu, A.P.C. Faaij, P.C.A. Bergman // *Energy*. – 2008. – Vol. 33.- N 8. – P.1206–1223.

[11] S2Biom. Review of the Main Logistical Components // Deliverable Report D3.1 [Electronic resource]. - 2014. - URL: <https://www.edepot.wur.nl/517734> (date of access: 1.08.2018).

[12] Esteban, L.S. Biomass resources and costs: Assessment in different EU countries / L.S. Esteban, J.E. Carrasco // *Biomass Bioenergy*. – 2011. – Vol. 35.- N 1. – P.21–30.

References

- [1] Iakovou, E., Karagiannidis, A., Vlachos, D., Toka, A., & Malamakis, A. (2010). Waste biomass-to-energy supply chain management: A critical synthesis. *Waste Management*, Vol. 30, 1, 1860–1870.
- [2] Andersen, R.S., Towers, W. & Smith, P. (2005). Assessing the potential for biomass energy to contribute to Scotland's renewable energy needs. *Biomass Bioenergy*, Vol. 29, 1, 73-82.
- [3] Pravila perevozki opasnykh грузов avtomobil'nym transportom i perechnya opasnykh грузов, dopuskaemykh k perevozke avtotransportnymi sredstvami na territorii RK [Rules for the transportation of dangerous goods by road and the list of dangerous goods allowed for transportation by vehicles on the territory of the Republic of Kazakhstan]. – 2015. – Available at: <https://www.adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011779> (date of access: 17.04 2015) [in Russian].
- [4] Efthymios, R., Remigio, B., Dionysis, B., Patrizia, B. & Alessandro, S. (2017). Computational Tool for Comparative Energy Cost Analysis of Multiple-Crop Production Systems. *Energies*, Vol.10, 7, 831-838.
- [5] Ciubota-Rosie, C., Gavrilescu, M. & Macoveanu, M. (2008). Biomass - An important renewable source of energy in Romania. *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol. 7, 5, 559–568.

[6] Frombo, F., Minciardia, R., Robbaa, M., Rossob, F. & Sacilea, R. (2009). Planning woody biomass logistics for energy production: A strategic decision model. *Biomass Bioenergy*, Vol. 33, 1, 372–383.

[7] Dyjakon, A. (2018). Harvesting and Baling of Pruned Biomass in Apple Orchards for Energy Production. *Energies*, Vol. 11, 7, 1680–1686.

[8] Rentizelas, A.A., Tolis, A.J. & Tatiopoulos, I.P. (2009). Logistics issues of biomass: The storage problem and the multi-biomass supply chain. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 13, 1, 887–894.

[9] Dyjakona, A., Boera, J., García-Galindob, D., Adamczyk, F., Lopez, E., Sebastian, F., Suardid, A., Gebresenbete, G., Jirjise, R. & Bosonae, T. (2018). Orchards pruning to energy-

the results of the environmental impact assessment of the new logistic chain developed within the europruning project. *Agricultural Engineering*, Vol. 22, 1, 37–48.

[10] Uslu, A., Faaij, A.P.C. & Bergman, P.C.A. (2008). Pre-treatment technologies, and their effect on international bioenergy supply chain logistics. Technoeconomic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation. *Energy*, Vol. 33, 8, 1206–1223.

[11] S2Biom. Review of the Main Logistical Components. Deliverable Report D3.1. - 2014. – Available at: <https://www.edepot.wur.nl/517734> (date of access: 1.08.2018).

[12] Esteban, L.S. & Carrasco, J.E. (2011). Biomass resources and costs: Assessment in different EU countries. *Biomass Bioenergy*, Vol. 35, 1, 21–30.

Информация об авторах:

Акимбекова Галия Уйсимбековна; доктор экономических наук, профессор; заместитель Председателя Правления; Казахский научно-исследовательский институт экономики агропромышленного комплекса и развития сельских территорий; 050057 ул. Сатпаева, 30б, г. Алматы, Казахстан; e-mail: akimbekova_g@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1564-8953>

Баймуханов Аскар Боранкулович – **основной автор**; кандидат экономических наук; заведующий отделом "Развитие переработки и логистики сельхозпродукции"; Казахский научно-исследовательский институт экономики АПК и развития сельских территорий; 050057 ул. Сатпаева, 30-б, г. Алматы, Казахстан; e-mail: a748ern@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7435-5379>

Сарбасов Дастан Джурмаханбетович; кандидат технических наук; доцент кафедры «Транспорт, транспортная техника и технологии»; Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева; 010006 ул. Сатпаева, 2, г. Астана, Казахстан; e-mail: niokr.kz@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0712-7648>.

Авторлар туралы ақпарат:

Акимбекова Галия Уйсимбековна; экономика ғылымдарының докторы, профессор; Басқарма төрағасының орынбасары; Қазақ аграрлық-өнеркәсіптік кешенінің экономикасы және ауылдық аумақтарды дамыту ғылыми-зерттеу институты; 050057 Сәтпаев көш., 30б, Алматы қ., Қазақстан; e-mail: akimbekova_g@mail.ru; <https://orcid.org/>

Баймуханов Аскар Боранкулович - **негізгі автор**; экономика ғылымдарының кандидаты; «Ауыл шаруашылығы өнімдерін өңдеуді және логистиканы дамыту» бөлімінің меңгерушісі; Қазақ аграрлық-өнеркәсіптік кешенінің экономикасы және ауылдық аумақтарды дамыту ғылыми-зерттеу институты; 050057 Сәтпаев көш., 30-б, Алматы қ., Қазақстан; e-mail: a748ern@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7435-5379>

Сарбасов Дастан Жұрмаханбетұлы; техника ғылымдарының кандидаты; «Көлік, көлік техникасы және технологиясы» кафедрасының доценті; Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті; 010006 Сәтбаев көш., 2, Астана, Қазақстан; e-mail: niokr.kz@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0712-7648>

Information about authors:

Akimbekova Galiya Uisimbekovna; Doctor of Economic Sciences, Professor; Deputy Chairman of the Board; Kazakh Research Institute of Economy of Agro-Industrial Complex and Rural Development; 050057 Satpayev str., 30b, Almaty, Kazakhstan; e-mail: akimbekova_g@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1564-8953>

Baymukhanov Askar Borankulovich – **The main author**; Candidate of Economic Sciences; Head of the Department of Development of Processing and Logistics of Agricultural Products; Kazakh Research Institute of Economy of Agro-Industrial Complex and Rural Development; 050057 Satpayev str., 30-б, Almaty, Kazakhstan; e-mail: a748ern@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7435-5379>

Sarbasov Dastan; Candidate of Engineering Sciences; Associate Professor of the Department of Transport, Transport Equipment and Technology; L.N. Gumilyov Eurasian National University; 010006 Satpayev Str., 2, Astana, Kazakhstan; e-mail: niokr.kz@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-0712-7648>.