

Потенциал использования биомассы в Республике Беларусь

Введение

В настоящее время во многих странах мира наблюдается повышение интереса к возобновляемым источникам энергии. Это связано с непрерывно уменьшающимися запасами ископаемых энергоносителей, ухудшением экологии, связанным с газовыми выбросами, приводящими к парниковому эффекту, а также желанием многих стран освободить энергетические источники от политической ситуации.

Республика Беларусь относится к категории стран, которые не обладают значительными собственными топливно-энергетическими ресурсами, собственные ресурсы ископаемых энергоносителей составляют не более 15% от потребности. Доля природного газа в общем балансе ТЭР Беларуси превышает уровень 76%, а в белорусской энергосистеме - 93%. Республика Беларусь импортирует от 20 до 30% потребляемой электроэнергии. В случае ограничения поставок ТЭР Республика Беларусь уже сейчас (для уровня цен 2000 г.) потерпит ущерб в виде недопроизводства ВВП в размере около 410 долларов США на одну тонну условного топлива. А это во много раз превышает стоимость недопоставленных энергоносителей.

Во многих странах мира энергетика на растительной и древесной биомассе становится эффективной самокупаемой отраслью, конкурентоспособной по отношению к энергетике на ископаемом топливе. Беларусь идеально подходит для развития биоэнергетики благодаря наличию больших массивов промышленного леса, равнинного ландшафта, хорошо развитой инфраструктуры распределения энергии и тепла, современных предприятий энергетического и общего машиностроения, а также высокого уровня технического образования населения.

В Беларуси биоэнергетика начинает интенсивно развиваться в условиях необходимости достичь определенного уровня энергетической безопасности и в полном соответствии положениям Международного соглашения об изменении глобального климата, подписанного Республикой. Развитие этой отрасли предопределено также следующими обстоятельствами:

- Политикой импортозамещения, когда часть долга и текущих оплат в твердой валюте за импортируемые энергоресурсы может быть снижена за счет производства и использования местных топлив.
- Заинтересованностью лесного хозяйства в потенциальном крупном и надежном потребителе большого объема отходов, топливной и неликвидной древесины, которые в настоящее время не находят сбыта, что не позволяет интенсифицировать лесозаготовительную и лесовосстановительную деятельность в условиях сохранения биоразнообразия и здоровья лесов.
- Социальной выгодой, когда в рамках создания инфраструктуры новой отрасли будут созданы новые рабочие места (до 10 тыс. мест на млн. тут/год); и производства.
- Экологическим эффектом, т.к. будут снижены выбросы диоксида углерода в атмосферу (за счет биологического цикла фотосинтеза), оксидов серы и других загрязняющих веществ - при замещении топливного мазута.

Конечной целью развития биоэнергетики является создание собственного топливно-энергетического цикла на возобновляемых видах биотоплива с учетом экологических и экономических преимуществ данного направления.

Технически доступный потенциал биотоплива в Беларуси может покрыть до 8-10% ожидаемого дефицита мощностей. Положительный опыт ряда стран, прежде всего Скандинавских, в наращивании мощностей биоэнергетических станций, которые уже к 2005 году будут в среднем производить более 15% энергии, говорит о том, что биоэнергетика рано или поздно займет свое место и в Беларуси.

Использование биотоплива в РБ

В качестве биотоплива могут быть использованы: биомасса древесины, отходы древесины, образующиеся при ее рубке и обработке, биомасса быстрорастущих кустарниковых и травянистых растений, лигнин, горючая часть коммунальных отходов, отходы, получаемые при мелиоративных работах, расчистке территорий под новое строительство, отходы растениеводства, горючие отходы перерабатывающей и пищевой промышленности, животноводства.

В целом по республике годовой объем централизованных заготовок дров и отходов лесопиления составляет около 0,94 - 1,0 млн. т у. т. в год. Часть дров поступает населению за счет самозаготовок, объем которых оценивается на уровне 0,3-0,4 млн. т у. т. в год.

К 2002 году в стране работало более 1350 малых и средних котельных на древесном топливе, которые обеспечивали общую тепловую нагрузку около 500 Мвт за счет сжигания биомассы. В 2003 году на предприятиях всех форм собственности на местные виды топлива (дрова, торф, древесные отходы и т.д.) было переведено 289 котлов, что позволило увеличить использование дров и древесных отходов на 70 тыс. т у. т. В соответствии с Программой мер по переводу низкоэффективных котельных на местные виды топлива в 2004 году должны быть переведены на местные виды топлива 722 котла, в том числе дополнительно установлены 374 котла, модернизированы 152 котла, заменены, как физически изношенные и неэкономичные 196 котлов. Объем замещения ТЭР местными видами топлива и нетрадиционными источниками энергии в 2004 году должен быть увеличен на 300 тыс. т у. т. по сравнению с 2003 годом.

Биомасса быстрорастущих кустарниковых и травянистых растений и лигнина используется в настоящее время только для опытных и демонстрационных сжиганий в котлах различного типа.

Потенциал использования биотоплива в РБ

Древесина и отходы лесопиления

Основная часть биотоплива, которая может быть вовлечена в топливно-энергетический баланс для промышленной выработки электроэнергии и тепла - это древесно-топливные ресурсы «чистых» лесных территорий. В Беларуси леса занимают около 42% территории. Запас растущей древесины составляет свыше 1,2 млрд. м³. Ежегодный сбор ликвидной древесины при лесозаготовительных работах достигает 4,5 млн. м³. Древесные обрезки и отходы древесины, образующиеся при рубке и обработке древесины, могут составлять до 40-50% собранной биомассы. Эти компоненты представляют альтернативный топливный ресурс для энергетики.

По оценке ИПЭ НАНБ совместно с Министерством лесного хозяйства технически доступен для биоэнергетики в настоящее время объем отходов, эквивалентный приблизительно 1,5 миллиона т у.т./год. Согласно официальным данным Белорусского энергетического института только 25% этой величины используется в настоящее время.

К 2015 году потенциальные топливные ресурсы для биоэнергетики оцениваются в 2,7-3,0 миллиона т у.т./год, к 2020 году - 3,7 миллиона т у.т./год.

Около четверти лесных ресурсов страны находится в зоне, загрязненной в результате аварии на ЧАЭС. Использование биомассы отходов из этих лесов предполагает определенные ограничения на технологии энергетической утилизации древесной массы.

Проведенные исследования на крупных - до 200 кВт - экспериментальных стендах в США, Беларуси и Бельгии, а также на коммерческом энергоблоке в 18 Мвт в Калифорнии и на промышленном котле (6 Мвт) в г. Речице показали, что радиоактивность надежно контролируется в процессе конверсии путем применения известных, надежных и не дорогостоящих технологических решений.

Энергетический потенциал биомассы лесных территорий, загрязненных радионуклидами, составляет 240 тыс. т у.т./год.

Предельные возможности республики по использованию древесных ресурсов в качестве топлива можно определить исходя из естественного годового прироста древесины, который приближенно оценивается в 25 млн.м³ (включая древесину загрязненных территорий) или 6,6 млн. т у.т. в год (если сжигать всё что прирастает).

Плантационные посадки быстрорастущих энергорастений

Одним из перспективных направлений производства биотоплива признаны плантационные посадки быстрорастущих кустарниковых и травянистых энергорастений, для которых среднегодовой прирост биомассы превышает 25 м³/га. Беларусь идеально подходит для развития этой отрасли биоэнергетики благодаря наличию крупного сельскохозяйственного производства, равнинного ландшафта, современных предприятий энергетического и общего машиностроения, а также высокого уровня технического образования населения.

По предварительным оценкам, в масштабах республики имеется около 100 тыс. га земель технически доступных в настоящее время для «энергетических» посадок, потенциал биомассы быстрорастущих кустарниковых и травянистых энергорастений может составить от 0,6-0,8 млн. т у.т./год.

Кроме того, в Беларуси имеется до 500 тыс. га малоценных и низко продуктивных угодий, нерентабельных для выращивания сельхозпродукции. С учетом этой перспективы возможно увеличение «энергетических» посадок с получением до 4,0 млн. т у.т./год.

Потенциал биомассы быстрорастущих кустарниковых и травянистых растений может быть увеличен за счет использования:

- загрязненных и выведенных из оборота в результате аварии на ЧАЭС территорий Гомельской и Могилевской областей, которые составляют около 250 тыс. га, потенциальный объем производства биотоплива до 2,0 млн. т у.т./год.
- неиспользованные площади лесного фонда (непокрытая лесом площадь в результате гибели насаждений, вырубок, пустырей и пр.) составляют около 200 тыс. га, потенциальный объем производства биотоплива до 1,6 млн. т у.т./год.
- защитные полосы вдоль дорог и просек составляют около 100 тыс.га, потенциальный объем производства биотоплива до 0,8 млн. т у.т./год

Использование лигнина

Использование лигнина, в том числе отвального, позволит вовлечь в топливный баланс страны до 100 тыс. туг/год.

Отходы промышленности

В дальнейшем возможно использование горючей части коммунальных отходов, отходов торфяной промышленности, отходов, получаемых при мелиоративных работах, расчистке территорий под новое строительство, и осадков городских стоков, что позволит заместить до 900- 960 тыс. туг/год импортируемого топлива.

Значительны также топливные ресурсы отходов растениеводства, горючих отходов перерабатывающей и пищевой промышленности, животноводства (до 1 млн. туг/год), однако эти ресурсы наиболее рационально могут быть использованы на месте.

Стратегия развития биоэнергетики

Наиболее благоприятные ресурсные, физические и технологические свойства, как топливо, имеет древесная масса, которая на ближайшую перспективу может стать основным топливом биоэнергетики.

Технико-экономические показатели энергетических установок на биотопливе иногда уступают ТЭС на ископаемых видах топлива и тем более АЭС и гидроэнергетике, особенно при низких ценах на импортируемые энергоресурсы. Однако, с учетом роста цен на углеводородное топливо (в 2-2,5 раза в ближайшее десятилетие), данный вид топлива становится перспективным и экономически рентабельным.

В качестве основных направлений технологического развития биоэнергетики на период до 2015 года можно рассматривать:

- Замещение ископаемого топлива древесным топливом на старых котельных вблизи ресурсов биомассы.
- Установку котлоагрегатов малой мощности на предприятиях деревообработки.
- Постепенное развитие инфраструктуры заготовок и поставок топлива из биомассы.
- Замещение ископаемого топлива на устаревших котлоагрегатах энергоблоков.
- Новые котлоагрегаты большой мощности на биотопливе.

Замещение ископаемого топлива на ряде действующих энергоблоков древесным топливом это наиболее эффективная стратегия, которая может быть реализована в ближайшее десятилетие. Такой подход обеспечит ряд преимуществ:

- Экономия импортируемого топлива за счет использования более дешевого местного топлива;
- Расширение сроков эксплуатации блока за счет замены устаревшего оборудования;
- Повышение эффективности преобразования топлива за счет внедрения современных конструкций котлоагрегатов;
- Большую привлекательность для инвестиций за счет короткого времени окупаемости и высокой рентабельности.

Экономические оценки различных вариантов полного или частичного замещения ископаемого топлива на выбранных энергоблоках показали, что они могут быть обеспечены древесными отходами и затраты на их реконструкцию будут экономически эффективными. В зависимости от схемы замещения капитальные затраты составят от 0.2 до 1.5 миллиона долларов на 1 Мвт, а внутренняя норма рентабельности составит около 50% при сроках окупаемости до 5 лет. Предлагаемые технологии замещения являются апробированными, надежными и их компоненты могут производиться в странах СНГ. Общая мощность вводимых объектов в рамках ближайшей программы развития биоэнергетики может экономить ежегодно до 380 тысяч т у.т. ископаемого топлива.

На биотопливе может быть обеспечена работа значительного количества котельных малой и средней мощности, нескольких электрогенерирующих блоков. Суммарный вклад биотоплива в баланс ТЭР в 2020 году может составить 3,5 - 4,5 млн. т у.т./год или от 8 % (реальный сценарий) до 12% (благоприятный сценарий) развития данного топливного направления. Наличие небольшого, но независимого от внешних поставок источника ТЭР повышает устойчивость энергосистемы и энергетическую безопасность страны.

Основные направления исследований

В качестве основных направлений научно-исследовательских и поисковых работ для развития биоэнергетики в Республике Беларусь можно рассматривать:

- получение новых сведений о ресурсах биотоплива и его характеристиках;
- разработка концепции и оптимизация схемы поставок биотоплива;
- изучение процессов и создание основ технологий подготовки, переработки и конверсии биотоплива в энергетическую продукцию;
- изучение сопутствующих экологических проблем, в том числе загрязнение окружающего пространства золовыми отходами и вредными газовыми выбросами (оксидами серы, азота и др.), с поиском и обоснованием эффективных контрмер;
- создание методологической и информационной основы для развертывания прикладных НИОКР по разработке опытных образцов оборудования с последующим тиражированием оборудования и расширением масштабов использования местных видов топлива;
- разработка и обоснование технологии использования низкокалорийных высоко влажных местных видов топлива и отходов в совместном сжигании с традиционными видами топлива для производства тепла и электроэнергии;
- оценка экономически целесообразного потенциала биоресурсов для производства энергии по комбинированной и раздельной схемам;
- разработка системы оптимального сжигания биотоплива для котлов низкого, среднего и высокого давления.

Производство биотоплива на основе посадок быстрорастущих древесных пород

Одним из перспективных направлений производства биотоплива признаны короткоцикловые плантационные посадки быстрорастущих пород ивы, для которых среднегодовой прирост биомассы превышает 25 м³/га. Серьезное внимание использованию плантационных посадок древесных пород с коротким циклом ротации уделяется в США, где таких плантаций насчитывается около 23 тысяч. Они дают до 20 т/га сухого вещества в год, часть его используется для целлюлозно-бумажной промышленности, часть для биоэнергетики. Канадские специалисты считают, что многоцелевые древесные плантации могут стать неиссякаемым источником энергетической биомассы. Вопрос ставится даже так, что существующая в настоящее время система сельскохозяйственного землепользования может быть существенно улучшена путем введения древесных плантаций для энергетических целей с коротким циклом ротации. В западной Европе общая площадь таких посадок превышает 1 млн. га. Имеется специальное постановление Европейского экономического сообщества №797/85 о выращивании быстрорастущих древесных пород для использования в промышленности и биоэнергетике (Carona Piermario, 1993).

В странах СНГ выращивание быстрорастущих пород и кустарников в основном рекомендуется в качестве источника технического сырья для переработки. В России быстрорастущим породам уделяется весьма большое внимание. Их рассматривают в качестве резерва повышения продуктивности лесов, увеличения запасов древесины и сокращения сроков её выращивания. Защитные и озеленительные насаждения, созданные из быстрорастущих пород, достигают необходимых размеров за более короткий срок и выполняют свою служебную роль в сравнительно молодом возрасте. На Украине, где в последнее время в связи с распадом СССР ощущается резкий недостаток древесины в промышленности, лесоводы намечают плантационные посадки быстрорастущих тополей.

Ранее в Беларуси специалисты по выращиванию быстрорастущих насаждений древесных и кустарниковых пород уделяли большое внимание проблеме, связанной с увеличением запасов деловой древесины, а также древесины для целлюлозно-бумажной

промышленности и для получения технического сырья. Несмотря на то, что в Беларуси произрастают около 20 видов ивы, возделывание культурных плантаций высокопродуктивных пород для целей производства биотоплива не проводилось.

Короткоцикловые посадки (КЦП) представляют собой способ выращивания быстро растущих древесных пород с относительно короткой продолжительностью роста. На плантации ростки регенерируются от черенков после удаления основных стволов. Периодичность сбора урожая определяется способом дальнейшего использования древесины (в основном для топливных целей, а также для производства бумаги, прутьев и т.п.). В короткоцикловых рощах можно выращивать различные быстро растущие породы. Чаще всего практикуется посадка ивы и тополя. Практикуется значительная плотность посадки - от 10 до 20 тысяч растений на гектар. Полный срок использования плантации обычно достигает 25 лет, после чего выход биомассы заметно уменьшается. Продолжительность роста ивы до очередного сбора урожая составляет от 2 до 5 лет. Средняя урожайность во втором и последующих циклах выше, поскольку их вегетация начинается с уже укоренившихся в предшествующих циклах саженцев.

Земли, которые бы соответствовали необходимым требованиям к условиям закладки и культивации посадок ивы с проектной продуктивностью следует искать среди нарушенных или отработанных сельхозугодий, где продолжение культивации злаковых и овощных культур становится невыгодным. В этом плане КЦП могут встретить конкуренцию с другими техническими культурами, что потребует в дальнейшем подробный экономический анализ в каждом конкретном случае. Однако для КЦП могут быть также приемлемы земли, где такие посадки не только будут давать конечный продукт в виде топлива, но и выполнять защитные функции. В странах Западной Европы и Америки уже в настоящее время используются посадки ивы быстрорастущей вдоль дорог, имеющие двух целевое назначение: защита дорог и источник топливно-энергетических ресурсов, что также весьма актуально для Беларуси. КЦП могут играть роль буферной зоны в проблеме защиты воды от загрязнения удобрениями, пестицидами, углеводородами и т.п. КЦП может уменьшать водную эрозию почвы - их плотная корневая система улучшает фильтрующую способность почвы. КЦП, наконец, может выполнять функцию лесозащитной полосы для пропашных культур и т.п. Однако при выборе мест размещения посадок ивы необходимо в первую очередь обращать внимание на тип почвы и ее водный режим.

Актуальность проведения работ в обоснование развития этой отрасли биоэнергетики, особенно в сельских районах, не вызывают сомнений. Посадки высокопродуктивных быстрорастущих кустарниковых и травянистых энергорастений дают возможность сельскому производителю работать в условиях автономного тепло энергоснабжения и независимости от централизованных поставок топлива, что, в свою очередь, позволит снизить издержки производства основных видов продукции, утилизировать земли, выведенные из оборота или малопродуктивные, решить некоторые социальные и коммунальные вопросы на местном уровне. Уже сейчас целый ряд хозяйств Брестской, Гродненской и Минской областей проявляют интерес к этому виду топлива.

Расчет себестоимости топлива из биомассы быстрорастущих пород ивы показывает, что, с учетом ожидаемой урожайности (не менее 15 тонн воздушно-сухой биомассы с гектара в год) и дисконтирования затрат на закладку и раскорчевку плантации на весь срок ее эксплуатации (25 лет), себестоимость топлива не превысит 25 долл./т у. т.

Исследования и разработка технологии производства энергоресурсов на основе топлива из биомассы быстрорастущих пород ивы в Беларуси ведутся с 2001 г. в Объединенном институте энергетических и ядерных исследований - Сосны НАНБ. Целью проекта является научное и практическое обоснование производства биомассы путем выращивания быстрорастущих "энергетических" посадок ивы в республике и использование в качестве топлива котлоагрегатов малой и средней мощности.

За период 2001-2003 г. выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, в том числе:

- разработан технологический регламент выращивания быстрорастущих пород ивы в условиях Беларуси как источника возобновляемых биоэнергетических ресурсов,

включающий необходимую технику и механизмы для механизации посадок, ухода за ними и для сбора биомассы;

- на имеющихся плантациях проводился контроль параметров роста, контролировались почвенно-климатические условия, потребление компонентов питания, урожайность и прирост биомассы;
- изучен элементный состав и технические характеристики топлива из биомассы - влажность, зольность и calorические свойства топлива, определен CHN состав, летучие, концентрация K, Mg, Ca, Cl, S, Zn, тяжелых металлов, элементный состав золы;
- проведены демонстрационные испытания топлива и исследованы процессы его сжигания на 2-х промышленных котлоагрегатах мощностью 700 и 25 кВт с измерением мощности и эффективности при стабильных режимах горения;
- полученные материалы обеспечили разработку и выпуск ТУ на топливо;
- выполнены экологические оценки выбросов;
- проведен анализ доступных площадей для полномасштабного промышленного освоения разработанной технологии с учетом почвенно-климатических особенностей Беларуси и оценен потенциал биомассы.

Анализ параметров роста посадок, выполненных по теме задания, позволяют сделать основной вывод, что в условиях Беларуси может быть обеспечена высокая продуктивность плантаций быстрорастущих сортов ивы. За неполный (1/3) цикл ротации годовой прирост биомассы достигал 9 т/га, что соответствует расчетному. При этом саженцы ивы показали высокую устойчивость к изменениям условий внешней среды и жизнестойкость корневой системы: максимальная высота растений за первый год после подрезки составила 3.14 м при средней длине однолетних побегов 1.8 м.

Исследования топлива на основе биомассы ивы показали, что calorические свойства, реактивность и другие энерготехнологические показатели соответствуют данным параметрам для других топлив на основе древесины.

Проведены демонстрационные испытания процессов сжигания выращенного топлива на экспериментальной установке, а также на промышленных водогрейных котлах с кучевой топкой мощностью 0,7 МВт (с подвижной решеткой) и 25 кВт (с неподвижной решеткой). Испытания показали наличие устойчивого горения топлива в широком диапазоне влажности (16-40%); механический недожог не превышал 2%, зола не имела заметной тенденции к спеканию, экологические параметры находились в пределах установленных нормативов. На основании исследований подготовлены материалы и выпущены технические условия на топливо из биомассы быстрорастущих пород ивы.

На основе полученных результатов даны рекомендации по необходимой технике для механизации работ, разработан технологический регламент для выполнения работ по закладке плантаций, уходу за посадками и сбору биомассы на топливо.

Показано, что для средних метеорологических и климатических условий, характерных для Беларуси, можно ожидать, что продуктивность указанных пород составит около 8 т у.т. с гектара в год. С учетом результатов анализа доступных площадей располагаемый топливный потенциал от этого вида возобновляемый импортозамещающих ресурсов может составить до 10 млн. т у.т. в год, что может покрыть до 10% потребности в ТЭР.

Для развития и распространения в Беларуси производства и использования биомассы быстрорастущей ивы для получения тепловой энергии необходимо в дальнейшем выполнить следующие мероприятия:

- создать в каждом административном регионе плантации быстрорастущей ивы для обеспечения посадочным материалом последующих "энергетических посадок" и обеспечения селекционных работ по быстрорастущим культурам;
- продолжить изучение эффективного сжигания полученной биомассы на котлоагрегатах различного типа в комбинациях с другими местными видами топлива;
- изучить возможность использования быстрорастущих пород для очистки почвы от

- тяжелых металлов, радионуклидов и других загрязнителей;
- продолжить изучение баланса минеральных компонентов питания и водного режима для оценки влияния посадок на бонитет почвы.

Производство биотоплива на основе посадок быстрорастущих травянистых культур

Наряду с древесными отходами во всём мире и особенно в энергодефицитных странах и регионах с напряженным экологическим балансом разрабатываются проекты и проводятся эксперименты по выращиванию быстрорастущих культур, биомасса которых могла бы использоваться для производства экологически чистого биотоплива. Одним из источников получения растительного сырья для производства биотоплива в условиях Беларуси может быть выращивание быстрорастущих травянистых культур семейства гречишных, обладающих следующими достоинствами:

- высокой продолжительностью жизни одного растения (до 15 и более лет), что значительно снижает затраты и трудоемкость производства биотоплива;
- высоким выходом биомассы, до 300 т зеленой массы с гектара;
- высокоразвитой корневой системой;
- зимостойкостью;
- высокой технологичностью всех операций от посева до производства биотоплива, что позволит механизировать работы на базе отечественных видов техники;
- способностью к извлечению из почвы радионуклидов, что особенно важно для освоения загрязненных и выведенных из оборота в результате аварии на ЧАЭС территорий Гомельской и Могилевской областей.

В процессе исследований, проведенных ИРЭП НАНБ в 2000 году, получены данные о возможности использования для целей производства биотоплива быстрорастущих травянистых культур семейства гречишных: горца сахалинского, горца забайкальского, горца Вейриха и сильфии пронзеннолистной.

Исследования и разработка технологии производства энергоресурсов на основе топлива из биомассы быстрорастущих культур семейства гречишных в Беларуси ведутся с 2001 г. в Объединенном институте энергетических и ядерных исследований - Сосны НАНБ.

Цель проекта - разработка технологии производства энергоресурсов на основе топлива из биомассы быстрорастущих культур семейства гречишных (БКСГ). За период 2001-2003 г. выполнен комплекс теоретических и экспериментальных исследований, в том числе:

- осуществлен посев гречишных различного вида (горец Вейриха, сильфия пронзеннолистная, горец забайкальский) на общей площади 20 га.
- разработаны технологические регламенты на выращивание фитомассы гречишных и производство на ее основе биотоплива;
- проведена серия экспериментальных исследований по изучению химического состава, теплотворной способности, насыпной массы при различной степени измельчения и других свойств топлива на основе биомассы гречишных;
- проведена серия экспериментальных исследований горения топливных композиций на основе биомассы гречишных в смеси с углем, торфом фрезерным, лигнином и древесными опилками при различной влажности смеси в экспериментальной установке сжигания;
- экспериментально исследованы экологические характеристики уходящих газов установки сжигания при использовании топлива на основе биомассы гречишных;
- выполнена серия экспериментальных исследований по прессованию брикетов из измельченной смеси биомассы гречишных с углем, торфом, лигнином и древесными опилками;
- предложен вариант энерготехнологического комплекса по выращиванию фитомассы

гречишных, ее уборке, сушке и производству биотоплива, предназначенного для сжигания в топках энергоустановок;

- дана предварительная оценка технико-экономических показателей производства топлива на основе биомассы гречишных.

Получены следующие практические результаты.

1. Гречишные показали высокую всхожесть (до 80 %) при севе и выживаемость в условиях, когда по экономическим и организационным причинам посевы не обрабатывались гербицидами.
2. Топливо на основе биомассы гречишных имеет благоприятные энерготехнологические свойства: $Q^p = 2431$ ккал/кг (при $W^p = 16$ %), зольность $A^p = 1,1$ %, содержание серы $S^p = 0,2$ %, выход летучих $L^p = 76,5$ %, аналогичные свойствам других видов биотоплива - древесных отходов, торфа, соломы.
3. Имеющаяся в хозяйствах Беларуси техника позволяет осуществлять скашивание, сушку, подборку, транспортировку и хранение сухой биомассы гречишных с последующим использованием ее в качестве топлива. Для использования в зависимости от складывающихся погодных условий и наличия техники в хозяйствах разработаны 4 технологические схемы производства топлива на основе биомассы гречишных. Биомасса, высушенная до 17 %, хранится в течение отопительного сезона без плесневения.
4. Произведена экспериментальная партия топливных брикетов на основе биомассы гречишных. Брикеты, состоящие из биомассы гречишных с торфом (50:50) по прочности не уступают торфобрикетам, в смеси с лигнином или бурым углем (50:50) превосходят прочность торфобрикетов.
5. Оптимальные технологии сжигания топлива на основе биомассы гречишных следующие:
 - предпочтительный способ сжигания - слоевые полугазовые топki, способ сжигания - в измельченном виде чистой биомассы гречишных либо в смеси с другими видами биотоплива;
 - в бытовых печах предпочтительно использовать брикетированное топливо на основе биомассы гречишных либо в смеси с другими видами биотоплива. Брикеты при сжигании термоустойчивы;
 - разработка и серийное производство малых котлов (до 1 Мвт) так называемого «фермерского» типа позволит сжигать цельные малогабаритные тюки (до 32 кг) из биомассы гречишных, формируемые пресс-подборщиками типа ППЛ-Ф-1,6, без измельчения;
 - учитывая высокий выход летучих при сжигании биомассы гречишных, перспективно использование этого топлива в измельченном виде в газогенераторных предтопках действующих котлов малой и средней мощности.
6. Разработаны технологические карты выращивания гречишных и производства топлива из биомассы, на основе которых рассчитаны технико-экономические характеристики производимого топлива.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о перспективности использования биомассы гречишных в качестве топлива для энергоустановок, как в чистом виде, так и в смеси с торфом, древесными отходами и лигнином, как в брикетированном, так и сухом не брикетированном виде.

Для практической реализации этого потенциала использования топлива на основе биомассы гречишных необходимо решить следующие проблемы:

- выполнить натурные эксперименты по сжиганию топлива на основе биомассы гречишных в топках действующих котлов;
- разработать и реализовать технологию совместного сжигания древесной щепы и измельченного топлива на основе биомассы гречишных, а также в смеси с другими

видами биотоплива;

- разработать и реализовать промышленную технологию производства брикетированного топлива на основе биомассы гречишных;
- разработать и реализовать проект энерготехнологического комплекса, включающего выращивание биомассы, производство биотоплива и его использование для производства конечных энергоносителей;
- выполнить цикл проектных исследований по обоснованию приемлемой дальности транспортировки топлива из биомассы гречишных, выбору соотношения площади выращивания и тепловой мощности энергоустановки, оптимальной схемы досушивания фитомассы с использованием тепла уходящих газов котельной;
- провести анализ эффективности и целесообразных масштабов использования топлива на основе биомассы гречишных в топливно-энергетических балансах регионов Беларуси.

