

Астафуров Артур Олегович

**УПРАВЛЕНИЕ ЗАМЕЩЕНИЕМ ТРАДИЦИОННОЙ УГЛЕВОДОРОДНОЙ
ЭНЕРГЕТИКИ ЭКОЛОГО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ БИОЭНЕРГЕТИКОЙ**

Специальность: 08.00.05 - Экономика и управление народным хозяйством

Область исследования: 7. Экономика природопользования

7.5. Исследование выбора критериев эколого-экономического обоснования
хозяйственных решений для различных уровней управления

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени

кандидата экономических наук

Работа выполнена на кафедре управления природопользованием и экологической безопасностью» ФГБОУ ВПО «Государственный университет управления».

Научные руководители:

кандидат экономических наук, доцент
Киселева Светлана Петровна,
кандидат физико-математических наук, доцент
Гвоздкова Ирина Александровна

Официальные оппоненты:

доктор экономических наук, профессор
Петровский Евгений Сергеевич
кандидат экономических наук
Васляев Максим Александрович

Ведущая организация:

Московский государственный университет
инженерной экологии

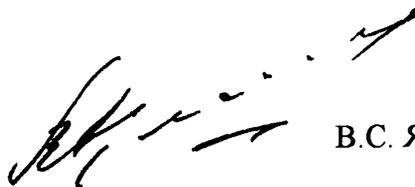
Защита диссертации состоится «26» марта 2012 г., в 14.00 часов на заседании Диссертационного совета Д 212.049.11 Государственного университета управления по адресу: 109542, г. Москва, Рязанский проспект, 99, зал заседаний Учёного Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного университета управления.

Сведения о защите и автореферат размещены на официальном интернет-сайте ГУУ:
<http://www.guu.ru>

Автореферат разослан «22» февраля 2012 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
доктор экономических наук, профессор



В.С. Якушкин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационного исследования

Одной из важнейших задач современного мира и мировой экономики, в частности, является предотвращение глобального эколого-энергетического кризиса, связанного с ростом энергопотребления, истощением традиционных энергоресурсов и повышением их стоимости, опасностью возникновения техногенных катастроф и загрязнением окружающей среды. Растущие потребности в энергии удовлетворяются в настоящий момент в основном за счет увеличения использования ископаемого углеводородного топлива, что увеличивает давление на экологию со стороны энергетики. Особая роль в решении обозначенной задачи обеспечения эколого-энергетической безопасности и ресурсосбережения принадлежит нетрадиционной возобновляемой энергетике, одно из центральных мест в которой занимает биоэнергетика, основанная на преобразовании энергии биомассы и биоотходов. В последние годы в мире наблюдается стремительное развитие технологий, использующих биоресурсы для производства топлива и энергии. Однако не все реализуемые биоэнергетические проекты, направленные на замещение традиционных энергоносителей, оказываются успешными с коммерческой точки зрения, что связано, в первую очередь, с отсутствием универсального методического и информационного обеспечения выработки и принятия эффективных управленческих решений по выбору технологий биоэнергетики, в наибольшей степени удовлетворяющих требованиям экологической и энергетической безопасности, разработанным с учетом региональных аспектов мировой экономики.

Степень разработанности проблемы

Проблемы, связанные с выбором критериев комплексной оценки возможностей биоэнергетических технологий в решении энергетических, экологических и социально-экономических проблем, не получили достаточного отражения в научной литературе в настоящее время. Вместе с тем вопросы повышения энергетической эффективности и экологической безопасности технологий преобразования энергии биомассы рассматриваются в контексте ряда научных направлений (экономика природопользования, экономика энергоресурсов, мировая экономика, энергосбережение, экономическая география, безопасность производственной деятельности, энергетическая безопасность, региональная экономика, экологический менеджмент и др.).

Теоретико-методологической основой диссертационного исследования послужили научные фундаментальные труды российских и зарубежных учёных и специалистов в области энергетики, экономики природопользования, мировой экономики, управления народным хозяйством и охраной окружающей среды.

Анализ научной литературы по проблемам диссертации показал, что особенности развития биоэнергетической отрасли мировой экономики находят своё отражение в трудах многих известных учёных, среди которых можно отметить работы Безруких П.П., Ола Дж., Гепперта А., Пракаша С., Ракитовой О.С., Мясоедовой В.В., Стребкова Д.С., Баскова В.Н. Вопросы экономики природопользования изучаются в работах Бобылева С.Н., Новоселова А.Л., Гирусова Э.В., Чепурных Н.В., Лукьянчикова Н.Н., Потравного И.М., Ходжаева А.Ш. Следует выделить исследования Вишнякова Я.Д., Жизнина С.З., Кокошина А.А., Грацианского Е.В., направленные на изучение проблем эколого-энергетической безопасности производственной деятельности.

Несмотря на актуальность вопроса о критериях оценки технологий производства топлива и энергии из биомассы для планирования инновационного эколого-ориентированного развития биоэнергетики с целью последовательного замещения традиционной углеводородной энергетики, научно обоснованной методологии отбора биоэнергетических технологий к настоящему моменту не сформировано. Поэтому возможности указанных технологий в решении эколого-энергетических и социально-экономических проблем различных регионов мира нуждаются в дальнейшем исследовании. Требуют изучения

особенности функционирования биоэнергетической отрасли экономики в России и определить наиболее перспективные направления ее развития для разработки методологии планирования мероприятий по замещению традиционных энергоносителей биотопливом отечественного производства.

Цель диссертационного исследования

Формирование научно-обоснованной методологии управления замещением традиционной углеводородной энергетики биоэнергетикой на основе отбора технологий преобразования энергии биомассы с учетом требований эколого-энергетической безопасности и апробация разработанного методического инструментария в сфере российской теплоэнергетики.

Основные задачи диссертационного исследования:

- исследовать достижения и проблемы мировой биоэнергетики в решении задач ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности;
- определить критерии комплексной оценки возможностей биоэнергетических технологий в решении энергетических, экологических и социально-экономических проблем в различных регионах мира;
- разработать методику комплексной оценки технологий преобразования энергии биомассы на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей и рекомендации по ее использованию при формировании планов развития биоэнергетики на международном, национальном и региональном уровнях с целью замещения традиционной углеводородной энергетики;
- определить перспективные направления развития биоэнергетической компоненты обеспечения экологической и энергетической безопасности в России;
- разработать модель управления технологическим развитием биоэнергетики в интересах ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности;
- провести анализ особенностей замещения традиционных углеводородных энергоносителей древесной биомассой в российской теплоэнергетике и определить наиболее перспективные для указанных мероприятий виды древесного биотоплива;
- разработать модель развития технологий производства тепла из перспективных видов древесного топлива в России и оценить его эффективность в одном из субъектов РФ.

Объектом исследования в работе выступает ресурсный, технологический и экономический потенциал современной биоэнергетики с учетом региональных аспектов мировой экономики, а также электростанции, теплоэлектроцентрали и котельные, использующие биотопливо для выработки тепловой и электрической энергии.

Предметом исследования является совокупность критериев оценки биоэнергетических технологий и методов принятия решений по управлению замещением традиционных углеводородных энергоносителей биотопливом с учетом требований энергетической и экологической безопасности.

Методология и методика исследования

В работе применены методы многофакторного экономического анализа, системного анализа, а также методика Парето отбора ключевых системных ресурсов.

Информационной базой исследования послужили аналитические и статистические материалы Международного энергетического агентства (МЭА), Министерства экономического развития РФ, Министерства энергетики РФ, Министерства сельского хозяйства РФ, Министерства природных ресурсов РФ, Федерального агентства по лесному хозяйству (Рослесхоза), Федеральной службы государственной статистики РФ (Росстата), Института

энергетической стратегии России, Федерального Центра развития биоэнергетики, Информационно-аналитического агентства «Инфобιο», Общества биотехнологов России им. Ю.А.Овчинникова, администрации муниципального образования городского поселения Кандалакша Кандалакшского района Мурманской области.

Научная новизна диссертационного исследования

В результате диссертационного исследования осуществлено теоретическое и практическое обобщение информации о роли мировой и отечественной биоэнергетики в решении задач ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности. Разработана методика комплексной оценки биоэнергетических технологий на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей и сформирована методология управления замещением традиционной углеводородной энергетики биоэнергетикой на различных уровнях – международном, национальном, региональном, локальном. Разработана модель развития технологий производства тепла из древесного топлива в РФ и даны рекомендации по ее реализации на федеральном и региональном уровнях.

Наиболее существенные результаты, полученные автором и отличающиеся новизной, заключаются в следующем:

1. Определены перспективные задачи и направления развития мировой и отечественной биоэнергетики в интересах эколого-энергетической безопасности и ресурсосбережения.
2. Обоснована необходимость использования критериев комплексной оценки возможностей биоэнергетических технологий в решении задач ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности.
3. Сформирована совокупность эколого-энергетических и социально-экономических показателей для оценки возможностей биоэнергетических технологий.
4. Разработана методика комплексной оценки биоэнергетических технологий на основе сформированных показателей и даны рекомендации по ее использованию при управлении замещением традиционной углеводородной энергетики эколого-ориентированной биоэнергетикой.
5. Предложена модель управления технологическим развитием биоэнергетической компоненты обеспечения экологической и энергетической безопасности в России.
6. Разработана модель развития технологий производства тепла из перспективных видов древесного топлива в РФ.

Практическая значимость результатов исследования заключается в разработке рекомендаций для законодательной и исполнительной власти федерального уровня и субъектов РФ по управлению энергетикой, природопользованием и ресурсосбережением в интересах эколого-энергетической безопасности; для международных организаций, осуществляющих сотрудничество в области природопользования и регулирования мирового рынка природных ресурсов; для отечественных и зарубежных проектных, научно-технологических, производственных и общественных организаций различных форм собственности; для коммерческих и банковских организаций с целью привлечения инвестиций в биоэнергетическую и биотопливную отрасли экономики; для педагогов с целью их использования в учебном процессе при подготовке специалистов в области экономики и управления народным хозяйством. Результаты проведенных исследований и разработок приняты к сведению Общероссийской общественной организацией «Всероссийское общество охраны природы» (ВООП) и администрацией муниципального образования городского поселения Кандалакша Кандалакшского района Мурманской области.

Апробация результатов исследования

Основные положения и выводы диссертационного исследования докладывались на Международной конференции «Экология человека: здоровье, культура и качество жизни» (Москва, 2011 г.) и Международной заочной научно-практической конференции

"Инновационная экономика - направление устойчивого развития государства" (Балашиха МО, 2011 г.). Результаты проведенных разработок и исследований вошли составной частью в учебно-методическое обеспечение дисциплин «Экономика природопользования», «Экология и природопользование», «Управление природопользованием», «Технологические основы природопользования», «Перспективные технологии в сфере природопользования».

Публикации

По теме диссертации опубликовано 5 работ общим объемом 2.6 п.л., в т.ч. лично автором 1.2 п.л.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, 3-х глав, заключения, списка использованной литературы, насчитывающего 96 наименований, а также 3-х приложений. Текст работы изложен на 169 страницах машинописного текста, содержит таблицы и рисунки.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Результаты исследования достижений и проблем мировой биоэнергетики в решении задач ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности.

Современная биоэнергетика – это интенсивно развивающаяся отрасль мировой экономики, основанная на технологиях преобразования энергии биомассы, представляющей собой совокупную массу живых организмов и относящейся к возобновляемым природным ресурсам. Из биомассы и биоотходов можно производить тепло, электричество, а также экологически чистое, биоразлагаемое моторное биотопливо (биодизель, биоэтанол, биометанол, биобутанол). Одно из главных преимуществ биоэнергетики заключается в том, что она создает предпосылки для обеспечения экономического роста и связанного с ним увеличения энергопотребления (на 1-2% ежегодно) без разрушения окружающей среды. Выбросы углекислого газа, образующиеся при сжигании любого биотоплива, т.е. топлива, полученного из сырья или отходов биогенного происхождения, минимальны и в Киотском протоколе не учитываются. Поэтому биотопливо относится к CO₂-нейтральным видам энергоресурсов и не считается загрязнителем атмосферы.

Глобальная энергетическая безопасность определяется, в первую очередь, обеспеченностью топливными и иными ресурсами для производства энергии. Валовый энергетический потенциал биомассы на Земле составляет 10¹⁴ Вт и в 10 раз превосходит мощность современной энергетики. Для РФ валовый потенциал энергии биомассы достигает сейчас 470 млн. т у.т./год, технический – 130 млн. т у.т./год, экономический – 70 млн. т у.т./год. Потребление энергоресурсов в России в настоящий момент превышает 1 млрд. т у.т./год (1.4 т у.т. = 1 т н.э.). Поэтому биомасса уже сейчас может обеспечить более 10% потребляемой в стране энергии. Доля энергии, получаемой из биоресурсов, составляет в РФ около 2%, в мире – примерно 10%. В ближайшие десятилетия прогнозируется увеличение вклада биомассы в мировое производство топлива и энергии.

В результате диссертационных исследований проведен анализ причин, ускоряющих и замедляющих замещение традиционных углеводородных энергоносителей биотопливом. Автором выявлены предпосылки ускоренного развития биоэнергетики в различных регионах мира, а также обозначены факторы, стимулирующие и сдерживающие рост производственных мощностей указанной отрасли (табл. 1).

Таблица 1

Факторы, стимулирующие и сдерживающие развитие биоэнергетики

Факторы, стимулирующие развитие биоэнергетики	1. Высокий валовый энергетический потенциал биомассы на Земле (10 ¹⁴ Вт)
	2. Возобновляемость биомассы (разрушение 170 млрд. т/год, образование 170 млрд. т/год)
	3. Рост энергопотребления (1-2% в год)
	4. Исчерпаемость традиционных ископаемых энергоресурсов (расход 10 ¹⁰ т/год, прирост 10 ⁷ т/год)
	5. Рост стоимости ископаемого топлива
	6. Опасность возникновения техногенных катастроф при выработке и использовании

	энергии из традиционных энергоносителей
	7. Загрязнение окружающей среды при использовании традиционных энергоресурсов
	8. Нестабильность в странах, добывающих ископаемое топливо
	9. Экологичность биотоплива
	10. Разнообразие сырьевой базы
	11. Рост технологического потенциала биоэнергетики благодаря развитию биотехнологий
	12. Необходимость утилизации биоотходов
	13. Стремление снизить зависимость от импорта традиционного топлива
	14. Стремление сохранить запасы ископаемого сырья для будущих поколений
	15. Стремление завоевать мировые рынки биотоплива и технологий преобразования энергии биомассы
	16. Рост потребления ископаемого углеводородного сырья для неэнергетических целей
	17. Невысокие капиталовложения в биоэнергетические проекты
	18. Осуществление проектов биоэнергетики в короткие сроки (1-3 года)
	19. Длительность реализации проектов традиционной энергетики (5-10 лет)
	20. Необходимость обеспечения топливом, электроэнергией и теплом территорий, не подключенных к централизованному энергоснабжению
	21. Потребность в снижении дефицита электроэнергии и тепла в энергосистемах, подключенных к централизованному энергоснабжению
	22. Необходимость обеспечения конкуренции в сфере производства топлива и энергии
	23. Необходимость развития промышленности, малого и среднего бизнеса, снижения безработицы, реализации научно-технического потенциала, увеличения экспорта высокотехнологичной продукции
Факторы, сдерживающие развитие биоэнергетики	1. Обеспеченность традиционными ископаемыми энергоносителями (10^{13} т угля, 10^{12} т нефти, 10^{12} т природного газа)
	2. Ориентация промышленности, машин, оборудования и быта на традиционное ископаемое углеводородное топливо
	3. В среднем более высокие удельные капиталовложения в сооружение объектов биоэнергетики и стоимость производства электроэнергии из биомассы по сравнению с объектами традиционной энергетики
	4. Государственное субсидирование традиционной энергетики и добычи ископаемого топлива
	5. Использование для производства некоторых видов биотоплива посевных площадей
	6. Отсутствие в ряде стран финансовых механизмов поддержки сооружения и эксплуатации объектов, использующих или производящих биотопливо
	7. Отсутствие в ряде стран эффективной законодательно-нормативной базы в области производства и использования биотоплива и биоэнергии

Для изучения возможностей биоэнергетики в решении задач ресурсосбережения и эколого-энергетической безопасности было проведено исследование достоинств и недостатков различных способов преобразования энергии биомассы, которая используется в энергетике в виде древесных отходов; быстрорастущих деревьев и кустов, специально выращиваемых для энергетических целей; бытовых, сельскохозяйственных и некоторых промышленных отходов биоорганического происхождения, а также в виде ряда сельскохозяйственных и водных растений, которые в основном служат сырьем для производства моторного биотоплива. Таким образом, биоэнергетика является эколого-ориентированной отраслью экономики, способствующей не только решению проблем, связанных с ростом энергопотребления, но и развитию технологий утилизации отходов, что улучшает экологическую обстановку в различных регионах мира.

Проведенный в работе анализ биоэнергетических технологий показал, что для энергетических целей биомасса используется в основном в виде твердого топлива (дров, опилок, щепы (измельченного древесного сырья), соломы, прессованных древесных и сельскохозяйственных отходов – брикетов и топливных гранул (пеллет)), которое замещает в котлах, каминах, печках, котельных, теплоцентралях и на электростанциях ископаемые углеводородные энергоресурсы. При этом не требуется серьезных модификаций оборудования для сжигания топлива, а выбросы углекислого газа, оксидов серы и других загрязнителей резко снижаются. Минимальное количество отходов и наибольшая теплоотдача, сопоставимая с традиционными энергоносителями, достигаются при сжигании размельченной, гранулированной и спрессованной древесины.

В биогазовых и газогенераторных установках из биомассы и биоотходов получают газообразные виды биотоплива – биометан или биоводород, являющиеся полными аналогами метана и водорода за исключением их происхождения. Для производства биогаза, основной компонентой которого является метан, активно используются сельскохозяйственные, бытовые и некоторые промышленные отходы (навоз, птичий помет, зерновые отходы и отходы спиртового производства из сахара, отходы рыбной и мясной промышленности, сточные воды, трава, молочная сыворотка, технический глицерин от производства биодизеля из рапса, отходы производства соков и переработки картофеля и т.д.). К перспективным видам сырья для получения путем пиролиза одного из главных видов газообразного биотоплива - биосинтез-газа (биосингаза, синтез-газа, сингаза), состоящего в основном из водорода, относятся древесина, солома, стебли кукурузы, отходы растениеводства, а также твердые бытовые отходы (ТБО). Использование малогабаритных установок мощностью 10 МВт и выше, сжигающих газообразное биотопливо, позволяет обеспечивать тепловой и электрической энергией отдельные населенные пункты и производства, а также создает предпосылки для выработки энергии в промышленных масштабах. Для сжигания газообразного биотоплива подходят обычные газовые котлы ТЭС, ТЭЦ и котельных. Газообразное биогорючее используется также в автотранспортных средствах.

Интенсивное развитие получили в последние годы технологии производства жидкого моторного биотоплива. Сырьем для производства биодизеля служат в основном эфирные масла рапса, сои, кокоса, пальмы или касторовое масло. Перспективными с точки зрения экологии являются те технологии производства биодизеля, которые не используют пресную воду и сельскохозяйственные растения – например, получение биодизеля из богатых маслом водорослей или из отработанного растительного масла. Для производства биоэтанола, биометанола и биобутанола осуществляют сбраживание углеводов. Указанные виды топлива обычно получают из сахарного тростника, кукурузы, пшеницы, картофеля, морского фитопланктона, некоторых пород быстрорастущих деревьев или из соломы. Отходы производства жидкого биотоплива из кормовых культур используются для выработки комбикормов для скота и птицы. В автотранспортных средствах жидкое биотопливо можно использовать как в чистом виде, так и в смеси с бензином. Затраты на модернизацию бензинового ДВС под биотопливо минимальны. Современные автомобильные компании производят двигатели, способные работать как на бензине, так и на горючем из биомассы. По своим энергетическим характеристикам жидкое топливо из биомассы незначительно отличается от бензина, но выбросы углекислого газа и других загрязнителей окружающей среды (оксида углерода (СО), твердых частиц и т.д.) при сжигании бензина выше. Как следует из отчетов Международного энергетического агентства (МЭА), увеличение использования биотоплива на транспорте в настоящее время обеспечивает около 6% сокращения выбросов СО₂. Из биосинтез-газа можно вырабатывать целый ряд экологически безопасных биосинтетических видов жидкого топлива, которые проще и дешевле транспортировать, хранить и применять в качестве исходного источника энергии на ТЭС, а также котельного и моторного горючего. Указанное топливо названо бионефтью.

Изучение различных видов биотоплива и сырья для их производства позволило сформировать совокупность критериев оценки их технологических характеристик, которые необходимо учитывать при управлении замещением традиционной углеводородной энергетики эколого-ориентированной биоэнергетикой (табл.2,3).

Таблица 2

Критерии оценки технологических характеристик сырья для выработки биотоплива

Критерии	Вид сырья				
	Энергетический лес	Древесные отходы	Отходы АПК и некоторые промышленные отходы	Бытовой мусор	Сельскохозяйственные и водные растения
1.Переработка в твердое биотопливо	+	+	+	+	-
2.Переработка в	+	+	+	+	+

газообразное биотопливо					
3. Переработка в жидкое биотопливо	+	+	+	+	+
4. Переработка в удобрения	+	+	+	-	-
5. Переработка в комбикорм	-	-	+	-	+
6. Урожайность в год	7 т/Га	0	0	0	1.75-100 т/Га
7. Среднее энергосодержание	0.35 т у.т./т	0.5 т у.т./т	0.13 т у.т./т	0.3 т у.т./т	0.25-1.25 т у.т./т
8. Отсутствие потребности в посевных площадях	+	+	+	+	-/+

Таблица 3

Критерии оценки технологических характеристик различных видов биотоплива

Критерии	Вид биотоплива		
	Твердое биотопливо	Газообразное биотопливо	Жидкое биотопливо
1. Производство электроэнергии	+	+	+
2. Производство тепла	+	+	+
3. Использование в качестве моторного топлива	-	+	+
4. Калорийность	Средняя	Высокая	Высокая

Для разработки наиболее эффективной модели управления биоэнергетикой в интересах ресурсосбережения и эколого-энергетической безопасности необходимо наряду с исследованием ее технологических возможностей провести анализ мирового рынка биотоплива и технологий преобразования энергии биомассы. По данным МЭА и Renewable global status report (2009-2011), для мировой биоэнергетики в последние годы характерны достаточно высокие темпы роста (табл. 4), а конкурентоспособность энергии и топлива, выработанных из биомассы, способствует росту инвестиционной привлекательности данной отрасли экономики. В табл. 5 представлены данные о среднемировых капиталовложениях в сооружение электростанций на угле, газе и биотопливе и о себестоимости производства электроэнергии из указанных ресурсов.

Таблица 4

Основные показатели развития мировой биоэнергетики

Вид объекта энергетики или технологии	2005 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Среднегодовой темп роста, %/год
Электростанции, использующие биотопливо, ГВт	44	52	54	~ 58	5.7
Теплоцентрали и котельные, использующие биотопливо, ГВт	220	250	270	~280	5
Производство биоэтанола, млрд. л	32	67	76	86	21.5
Производство биодизеля, млрд. л	4	12	17	19	38

Таблица 5

Конкурентоспособность электроэнергии, выработанной из биотоплива

Вид электростанции	Капитальные вложения, \$/кВт		Себестоимость производства электроэнергии, цент \$/кВт-ч	
	2005 г.	2030 г.	2005 г.	2030 г.
Электростанции на биотопливе	1000-2500	950-1900	3.1-10.3	3.0-9.6
ТЭС на угле	1000-1200	1000-1250	2.2-5.9	3.5-4.0
ТЭС на газе	450-600	400-500	3.0-3.5	3.5-4.5

Следует отметить, что сравнение экономической эффективности биоэнергетики и традиционной энергетики следует проводить не только на основе данных о себестоимости производства энергии и капитальных вложениях в сооружаемые объекты, но и с учетом будущих рисков, обусловленных возрастанием цен на традиционное топливо и затратами на охрану окружающей среды и сохранение здоровья населения в условиях возрастающей эмиссии загрязнителей, выбрасываемых ТЭС на угле, мазуте и газе. Принимая во внимание указанные риски, можно сделать вывод о том, что технологии биоэнергетики в ближайшие десятилетия смогут конкурировать с традиционными энергетическими технологиями на рынке производства электроэнергии. Современные технологии позволяют производить электричество из биомассы с КПД 30-45%, который сопоставим со средними значениями КПД ТЭС на угле и газе (около 40%).

Как показали исследования мирового рынка биотоплива, основными современными видами топлива, получаемого из биомассы, по количеству вырабатываемой из них энергии являются биоэтанол, биогаз и измельченное древесное сырье – гранулы и щепа. Сейчас в мире ежегодно производится около 15 млн. т топливных гранул и примерно 80 млн. т щепы. Прогноз предполагает рост производства пеллет до 80 млн. т/год к 2020 г. Производство жидкого биотоплива в мире к 2020 г. может превысить 1 трлн. л/год, что сопоставимо с нынешним мировым потреблением бензина.

Проведенный анализ характеристик биотоплива показал, что в целом все рассмотренные виды указанного топлива удовлетворяют общим требованиям экологической и энергетической безопасности, предъявляемым к источникам энергии, к которым относятся способность обеспечения непрерывного энергоснабжения, повсеместная доступность источника энергии и возможность прогнозировать и планировать переработку его энергии, возможность концентрации большой мощности для крупных потребителей, экологичность, наличие высокого энергетического, технического и экономического потенциала. Поэтому биоэнергетику можно считать эколого-ориентированной отраслью экономики в большинстве регионов мира. Для более детальной проработки рассматриваемого вопроса целесообразно выделить критерии комплексной оценки возможностей биоэнергетических технологий в решении энергетических, экологических и социально-экономических проблем.

Так как биотопливо является одним из наиболее дешевых и доступных возобновляемых источников энергии, в ближайшей перспективе, вероятнее всего, сохранятся достаточно высокие темпы роста его использования, что создает предпосылки для ускорения темпов замещения традиционной углеводородной энергетики эколого-ориентированной биоэнергетикой. В табл. 6 приведены собранные автором сведения о ценах на некоторые виды биогорючего.

Таблица 6

Цены на различные виды биотоплива

Вид биотоплива	Цена
Биоэтанол	0.4-0.6 евро/л (ЕЭС), 0.3 \$/л (США), 0.2 \$/л (Бразилия)
Биогаз	0.5 евро/л (ЕЭС)
Пеллеты	200 евро/т (ЕЭС)
Биодизель	0.4 -0.8 \$/л
Биобутанол	1 \$/л (США)
Газообразное и жидкое биотопливо 2-го поколения, получаемое путем пиролиза	<1 евро/л (ЕЭС)
Биотопливо 3-го поколения из водорослей	0.7 \$/л (США)

В диссертационной работе проведено изучение перспективных задач биоэнергетики в сфере обеспечения глобальной и региональной эколого-энергетической безопасности. Так как биоэнергетические проекты направлены на создание условий для сокращения эмиссии вредных выбросов, их реализация способствует достижению целей, обозначенных в Киотских соглашениях. Поэтому финансовые механизмы Киотского протокола, в свою очередь, могут и должны использоваться для осуществления указанных проектов. Экологический эффект при производстве и использовании биотоплива достигается как за счет замещения ископаемого углеводородного топлива, так и за счет утилизации производственных и бытовых отходов.

Исследование функционирования биоэнергетики в США, ЕЭС, Китае, Японии, Украине и в других регионах мира показало, что для успешного замещения указанной отрасли традиционной углеводородной энергетики необходимы разработка и реализация наиболее эффективных моделей ее государственного стимулирования. В ряде стран мира существуют федеральные программы развития биоиндустрии в энергетике и топливной промышленности, в рамках которых выделяются огромные государственные средства и разрабатываются механизмы привлечения частных инвестиций в производство биотоплива и биоэнергии через субсидии, налоговые льготы, льготные кредиты, специальные цены на тепло и электроэнергию, выработанные из биомассы, заниженные ставки амортизационных отчислений, создание фондов, поддерживающих развитие альтернативной энергетики и т.д. В 2009 г. объем государственного финансирования мирового производства биотоплива составил

около 20 млрд.\$). Для создания предпосылок дальнейшего роста производственных мощностей по преобразованию энергии биомассы осуществляется постоянная государственная поддержка НИОКР, региональных и международных биоэнергетических и биотопливных проектов, разрабатываются технологические стандарты, регламентирующие деятельность в сфере производства биотоплива и биоэнергии. Стратегической целью американской биоэкономики в энергетике и топливной индустрии является достижение такого уровня производства биотоплива, при котором его доля в общей топливной потребности в стране к 2030 г. составила бы 1/3. В принятой ЕЭС 23.01.2008 в Брюсселе директиве «О стимулировании использования энергии возобновляемых источников» поставлена цель обеспечить к 2020 г.: 1) увеличение доли НВИЭ в общем объеме потребления энергии до 20% (при этом биоэнергия должна составить 2/3 всей альтернативной энергии); 2) сокращение на 20% выбросов парниковых газов от уровня 1990 г.; 3) увеличение доли биотоплива на рынке автомобильного горючего до 10%. К финансовым источникам государственного стимулирования развития биоэнергетики относятся экологические и экономические налоги на ископаемые виды топлива, налоги на эмиссию парниковых и других газов при использовании традиционного углеводородного топлива и иные бюджетные поступления.

В ряде стран мира уделяется достаточно большое внимание вопросам эколого-энергетической безопасности и эффективности производства и использования биотоплива. По мнению ряда отечественных и зарубежных экспертов, мировой рынок биотоплива следует развивать, прежде всего, за счет отходов растениеводства, животноводства, деревообрабатывающей и лесной промышленности, а не за счет специально выращиваемых для этих целей растений, что может резко обострить социальные проблемы, связанные с повышением цен на продовольствие. Для выработки объективной позиции по вопросу о целесообразности использования пригодных для сельского хозяйства земель для выращивания топливных культур автором были изучены сведения об освоенных и резервных земельных ресурсах мира, представленные в табл. 7.

Таблица 7

Освоенные и резервные земельные ресурсы мира

Регион	Пригодные для посевов земли, млн. Га	Освоенные посевные площади, млн. Га	Степень освоенности пригодных для посевов земель, %	Резервные площади для освоения, млн. Га	Доля в мировом резерве, %
СНГ	360	230	64	130	13
Европа (без стран СНГ)	160	140	88	20	2
Азия (без стран СНГ)	600	460	77	140	14
Африка	430	185	43	245	25
Северная Америка	380	275	72	105	11
Южная Америка	410	140	34	270	27
Австралия	130	50	38	80	8
Весь мир	2 470	1 480	60	990	100

На основе анализа представленной информации с учетом данных о калорийности моторного топлива, а также о средней урожайности биотопливных культур и показателях производства из них биогорючего можно сделать следующий вывод: *если резервные для сельского хозяйства земли использовать под посевы культур для производства, например, основного вида жидкого биотоплива – биоэтанола, то можно удовлетворить все современные мировые потребности в моторном топливе.*

Изучение планов развития биоэнергетики в различных странах мира, направленных на замещение традиционной углеводородной энергетики и решение задач эколого-энергетической безопасности, позволяет выделить следующие перспективные задачи указанной отрасли мировой экономики: 1) дальнейшее наращивание мощностей по производству топлива, тепла и электроэнергии из биомассы и биоотходов; 2) развитие инновационных эколого-ориентированных биоэнергетических технологий, повышающих

энергетическую и экономическую эффективность выработки топлива и энергии из биомассы и снижающих экологическую нагрузку на окружающую среду (к таким технологиям, прежде всего, относятся производство и использование газообразного и жидкого биотоплива второго поколения, которое получают различными методами пиролиза биомассы, получение биотоплива третьего поколения из водорослей и генетическая модификация сырья биогенного происхождения в энергетических целях); 3) совершенствование моделей государственного регулирования развития биоэнергетики; 4) развитие международного сотрудничества в сфере биоэнергетики.

2. Определение критериев комплексной оценки возможностей биоэнергетических технологий в решении энергетических, экологических и социально-экономических проблем в различных регионах мира.

Не все технологии биоэнергетики удовлетворяют требованиям экологической и энергетической безопасности, предъявляемым к энергетическим процессам и объектам в определенных регионах мира. В табл. 8 представлена информация о роли различных биоэнергетических технологий в решении глобальных проблем современного мира, связанных с обеспечением энергией и продовольствием и сохранением окружающей среды, собранная в диссертационном исследовании. Положительное влияние отмечено как «+», отрицательное влияние – как «-», отсутствие влияния – как «0».

Таблица 8

Роль мировой биоэнергетики в решении глобальных проблем современного мира

Вид технологии	Обеспечение энергией	Сохранение окружающей среды	Обеспечение продовольствием
Сжигание ТБО	+	+/-	0
Сжигание леса, отходов АПК и древесных отходов	+	+/-	+ (использование золы в качестве удобрения)
Газификация биомассы и биоотходов	+	+/-	+ (получение удобрений; самообеспечение с/х топливом)
Производство жидкого биотоплива	+	+/-	+/- (получение удобрений; самообеспечение с/х топливом; использование в качестве сырья продовольственных культур)

Для выбора критериев комплексной оценки возможностей биоэнергетических технологий в решении энергетических, экологических и социально-экономических проблем автором были рассмотрены перспективные технологические процессы по переработке энергии биомассы и биоотходов, которые были разработаны в различных странах, включая Россию, с учетом существующих национальных и мировых приоритетов в сфере производства энергии, ресурсосбережения, охраны окружающей среды и обеспечения продовольствием. Анализ достоинств указанных технологических процессов был использован при формировании универсальной совокупности показателей оценки технологий преобразования энергии биомассы. Принятие решений по управлению замещением традиционной углеводородной энергетики эколого-ориентированной биоэнергетикой необходимо осуществлять на основе комплексной оценки достоинств и недостатков биоэнергетических технологий. Для повышения эффективности указанных решений автором диссертационного исследования была сформирована совокупность показателей, определяющих методологию отбора технологий биоэнергетики, в наибольшей степени удовлетворяющих требованиям эколого-энергетической безопасности в определенном регионе мира. К типичным проблемам, возникающим при реализации проектов в сфере биоэнергетики, относятся: некорректная оценка сырьевой базы; отсутствие согласованности и скоординированности действий подрядчиков и поставщиков оборудования, материалов и сырья; некорректная оценка капиталовложений; некорректная оценка себестоимости производства биотоплива или биоэнергии; некорректная оценка затрат на логистику производимой продукции и др.

Проведенный в работе анализ действующих и перспективных технологий преобразования энергии биомассы показывает, что для оценки преимуществ определенных

биоэнергетических технологий в обеспечении эколого-энергетической безопасности региона, страны и мира в целом следует рассматривать следующие группы показателей - *энергетические, экологические, экономические и социальные*. Ниже приведены предлагаемые виды указанных показателей.

Энергетические показатели:

- обеспеченность сырьем;
- отсутствие зависимости от импорта сырья;
- разнообразие сырьевой базы;
- качество сырья (объемы и размеры твердого биотоплива и твердых биоотходов; влажность, зольность, плотность, содержание неорганических элементов (S,N,Cl), содержание энергии в биомассе, используемой для выработки биотоплива и т.д.)
- наличие возможности бесперебойного снабжения сырьем;
- удельная теплота сгорания биотоплива;
- сохранение калорийности биотоплива;
- удобство транспортировки сырья;
- возможность замещения традиционных ископаемых энергоносителей;
- снижение зависимости от импорта традиционных энергоресурсов;
- степень освоенности технологии и ее доступность;
- наличие серийного производства оборудования для биоэнергетического проекта;
- степень модификации ДВС, ТЭС, ТЭЦ и котельных при переходе на биотопливо;
- наличие возможности полной комплектации оборудования для энергетического объекта;
- возможность использования биотоплива как в чистом виде, так и в смеси с традиционными энергоносителями;
- КПД процесса переработки биомассы в биотопливо и биоэнергию;
- годовой расход топлива в энергетической установке заданной мощности;
- энергетические затраты на технологический процесс;
- повышение эффективности производства топлива и энергии при переходе на биоэнергетические технологии;
- разнообразие производимых видов биотоплива и биоэнергии;
- увеличение срока службы оборудования при переходе на биотопливо;
- автоматизация производственного процесса;
- возможность управления производственным процессом через Интернет и получения оперативной информации о его состоянии с помощью мобильного телефона;
- возможность обеспечения высокой надежности производственного процесса;
- способность обеспечивать непрерывное энергоснабжение;
- возможность прогнозировать и планировать переработку энергии источника;
- возможность децентрализованной выработки электроэнергии и тепла;
- возможность обеспечения топливом, электроэнергией и теплом удаленных территорий, не подключенных к сетям централизованного энергоснабжения;
- возможность снижения дефицита электроэнергии и тепла в энергосистемах, подключенных к сетям централизованного энергоснабжения;
- наличие в стране и мире научно-технических разработок для развития технологии;
- наличие научно-технологического сотрудничества с зарубежными партнерами в данной сфере биоэнергетики;
- удовлетворение требованиям технологических стандартов.

Экологические показатели:

- безопасность производства и использования биотоплива и биоэнергии;
- возможность утилизации и обезвреживания производственных и бытовых отходов;
- объемы выбросов загрязняющих веществ при производстве биотоплива и биоэнергии;
- сокращение выбросов парниковых газов и других загрязнителей окружающей среды при переходе на биоэнергетические технологии;

- отсутствие необходимости использования сельскохозяйственных земель для производства биотоплива;
- наличие резервных посевных площадей в регионе, которые можно использовать для выращивания энергетической биомассы;
- расход пресной воды при производстве биотоплива и биоэнергии;
- возможность получения сельскохозяйственных удобрений и комбикормов в производственном процессе;
- ресурсосбережение и возможность осуществлять рациональное природопользование;
- удовлетворение требованиям экологических стандартов.

Экономические показатели:

- стоимость сырья и оборудования для производства биотоплива и биоэнергии;
- затраты на замещение ископаемых углеводородных энергоресурсов биотопливом;
- общие капитальные вложения;
- себестоимость производства, транспортировки, хранения и использования энергии и топлива, выработанных из биомассы;
- длительность реализации биоэнергетического проекта;
- чистый дисконтированный доход;
- рентабельность проекта;
- сроки окупаемости проекта;
- внутренняя норма доходности проекта;
- экономичность процесса выработки биотоплива и биоэнергии;
- наличие инвесторов;
- наличие возможности реализации технологии в сфере крупного, среднего и мелкого производства, а также в индивидуальном хозяйстве;
- конкурентоспособность вырабатываемых биотоплива и биоэнергии;
- обеспечение конкуренции в сфере производства топлива и энергии и содействие либерализации энергетики;
- наличие спроса на внутреннем и мировом рынках топлива и энергии;
- увеличение экспорта традиционных энергоносителей при переходе на биоэнергетические технологии;
- укрепление позиций на мировых энергетических и технологических рынках и выход на новые рынки биотоплива и технологий по преобразованию энергии биомассы;
- наличие законодательных и финансовых механизмов поддержки сооружения и эксплуатации объекта, использующего или производящего биотопливо;
- наличие налоговых и иных льгот для производителей биотоплива и биоэнергии;
- увеличение ВВП и налоговых поступлений в бюджеты различных уровней при организации производства биотоплива и биоэнергии.

Социальные показатели:

- снижение ущерба, наносимого окружающей среде;
- создание новых рабочих мест и снижение безработицы;
- развитие промышленности, малого и среднего бизнеса;
- реализация научно-технического потенциала региона, страны и мира в целом;
- увеличение экспорта высокотехнологичной продукции;
- отсутствие влияния на обострение проблем с продовольствием и рост его стоимости;
- улучшение здоровья людей и климата;
- повышение качества жизни населения;
- удовлетворение требованиям трудовых стандартов.

3. Разработка методики комплексной оценки технологий преобразования энергии биомассы на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей и рекомендаций по ее использованию.

Для сравнения альтернативных биоэнергетических технологий, а также отбора для реализации наиболее эффективных в данном регионе технологических проектов в сфере биоэнергетики можно использовать *метод Парето*, позволяющий определить то небольшое количество проектов, которые обладают наибольшим количеством преимуществ (по закону Парето, в среднем 20% проектов имеют 80% преимуществ). Для этого вначале следует составить таблицы (пример – табл. 9), в которых будут отражены *преимущества и недостатки каждой рассматриваемой технологии, определенные на основе предложенных эколого-энергетических и социально-экономических показателей*.

Таблица 9

Комплексная оценка биоэнергетической технологии на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей

Показатели	Значение и/или оценка технологии по показателю ((+) – преимущество, (-) – недостаток)

Затем биоэнергетические проекты нужно сравнить по всем 4-м группам показателей и/или по отдельным видам показателей одной или разных групп. Для удобства указанного анализа рекомендуется составить итоговые таблицы (пример – табл. 10(а,б)), в которых будут представлены либо интегральные значения энергетических, экологических, экономических и социальных показателей рассматриваемых технологий, либо конкретные значения определенных показателей, выделенных для анализа. *По принципу Парето, число ключевых показателей для отбора самых эффективных биоэнергетических проектов невелико – в среднем 20% от общего количества показателей*. Следует отметить, что *приоритетность показателей определяется, прежде всего, технологическими и региональными аспектами*. Например, для стран ЕЭС одним из наиболее значимых показателей оценки биоэнергетической технологии является возможность снижения зависимости от импорта дорожающих нефти и газа. При отборе проектов в РФ этот показатель приниматься во внимание не будет. *Поэтому для определения ключевых показателей рекомендуется присвоить всем показателям рейтинг, а затем отобрать для оценки показатели с наибольшим рейтингом*.

Таблица 10

Исходные данные для сравнения биоэнергетических технологий

а)

Технология	Число энергетических преимуществ	Число экологических преимуществ	Число экономических преимуществ	Число социальных преимуществ
1.				
.....				

б)

Технология	Обеспеченность сырьем	КПД процесса переработки энергии биомассы	Объемы выбросов загрязняющих веществ	Утилизация отходов	...
1.					
.....					

Если имеются биоэнергетические проекты, лидирующие по всем группам показателей и/или по всем выбранным показателям, отбор прекращается. Если указанных технологических проектов нет, то происходит исключение из рассмотрения тех проектов, которые хуже всех остальных по всем или по большинству выбранных критериев. Не исключенные технологии формируют область эффективных решений (область Парето). Дальнейшее уточнение мест технологий происходит на основе анализа относительной важности рассматриваемых показателей. *Блок-схема выбора наиболее выгодных для обеспечения эколого-энергетической безопасности проектов в сфере биоэнергетики, предложенная в диссертационном исследовании, представлена на рис. 1.*

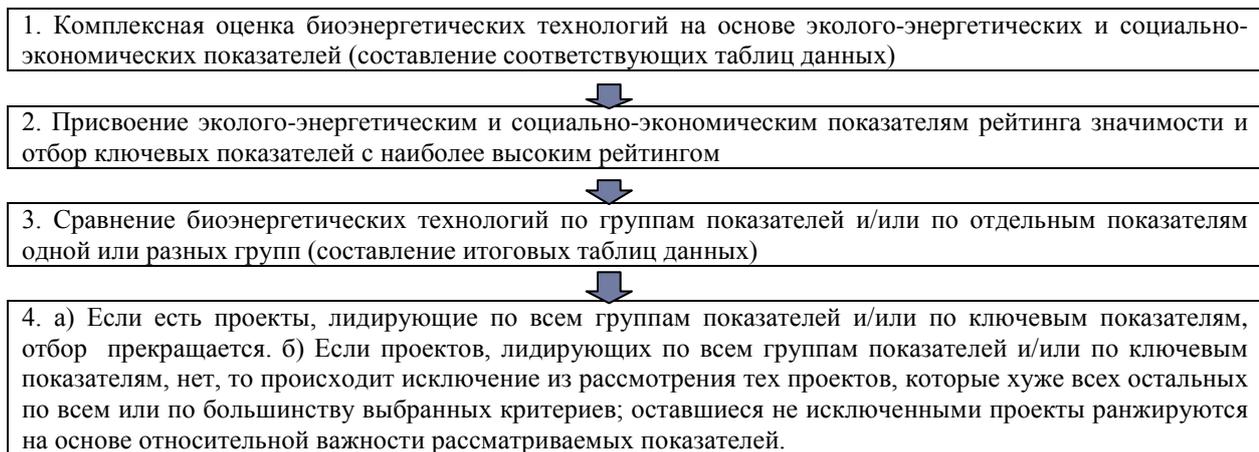


Рис. 1. Блок-схема выбора наиболее выгодных для обеспечения экологической и энергетической безопасности биоэнергетических проектов.

Разработанный инструментарий планирования технологического развития биоэнергетики с целью замещения традиционных ископаемых углеводородных энергоносителей адресован различным управляющим субъектам, принимающим решения в области использования энергетического потенциала биомассы и биоотходов в определенном регионе страны или мира, к которым относятся: международные организации, осуществляющие сотрудничество в области природопользования и регулирования мирового рынка природных ресурсов; органы государственного и местного управления энергетикой, природопользованием и ресурсосбережением; отечественные и зарубежные проектные, научно-технологические, производственные и общественные организации различных форм собственности.

4. Определение перспективных направлений развития биоэнергетической компоненты обеспечения экологической и энергетической безопасности в России.

Для разработки модели управления технологическим развитием биоэнергетики в РФ необходимо изучить современное состояние этой отрасли национальной экономики и определить перспективные направления ее развития. В России в настоящий момент функционируют 32 тепловые электростанции общей мощностью 1.32 ГВт и 1270 котельных, использующих как традиционное ископаемое топливо (природный газ, уголь, мазут), так и отходы сельского хозяйства, лесозаготовок, целлюлозно-бумажной, лесной и деревообрабатывающей промышленности. Эксплуатируются 80 малых биогазовых станций (в европейских странах – их тысячи, в Китае и Индии – миллионы), самые крупные из которых находятся в Калужской и Белгородской областях – регионах с развитым животноводством. Доля биомассы в производстве электрической энергии составляет в России в последние годы 0.2-0.3 %, в централизованном производстве тепловой энергии – 3.5-3.9 %, что ниже аналогичных показателей в развитых странах. В США и Германии доля электроэнергии, полученной из биомассы, превосходит 5%, в Великобритании она находится на уровне 4%, в Швеции из биотоплива производят 4.5% электроэнергии и 52% тепла. Тепловые электростанции на биомассе наряду с малыми ГЭС вносят основной вклад в производство электроэнергии на базе НВИЭ в России (из биотоплива вырабатывается более 50% такого электричества). Приоритетным нетрадиционным возобновляемым источником энергии при производстве тепла в РФ также является биотопливо, с помощью которого получают более 99% тепловой энергии из НВИЭ. Отечественная биотопливная промышленность находится сейчас на этапе становления и функционирует в основном без поддержки государства. В настоящее время в стране наблюдается рост производства твердого биотоплива, действуют около 200 заводов по выпуску топливных гранул суммарной мощностью более 3 млн. т/год, активно развивается производство древесных брикетов и щепы, ежегодно вырабатывается более 5 млн. т у.т. в виде дров. Производителей биотоплива из соломы пока мало, несмотря на то, что ее накопление в стране составляет 80-100 млн. т/год. В 2010 г., по оценкам экспертов

Информационно-аналитического агентства «ИнфоБио», в РФ было произведено около 1 млн. т топливных гранул из древесины и лузги подсолнечника, что составляет 6.7% от общемировой выработки этого вида энергоресурсов. *Большая часть производимых в России топливных гранул и брикетов экспортируется.* По данным Росстата, в 2010 г. экспорт отечественного биотоплива растительного происхождения (солома, жмых, древесина и т.д.) достиг 2.7 млн. т, увеличившись за последние 3 года на 10%. Проведенный анализ показывает, что *отечественная биоэнергетика является относительно молодой, но быстро развивающейся и перспективной отраслью экономики.*

В последние годы в РФ наметилась тенденция возрастания государственного интереса к развитию идеи биоэкономики в топливной промышленности и энергетике. Так, например, 01.04.2011 на заседании Правительственной комиссии по высоким технологиям и инновациям была утверждена *технологическая платформа «Биоэнергетика»*, целями которой являются: 1) научно-технологическое и инновационное развитие биоэнергетики для обеспечения устойчивого развития российской экономики; 2) разработка концепции развития отечественной биоэнергетики и ее интеграции с другими отраслями отечественной и зарубежной промышленности; 3) разработка стратегии научных исследований в области биотоплива и биоэнергетики; 4) объединение усилий представителей бизнеса, науки, государства и гражданского общества, заинтересованных в организации совместной деятельности, направленной на разработку перспективных производственных технологий, производство новых продуктов и услуг в области биоэнергетики и других смежных областях. Реализация стратегии ускоренного развития биоэнергетики предполагает довести к 2020 г. долю биотоплива отечественного производства в суммарном объеме потребления моторного топлива в РФ до 5%. Сейчас развитие производства биогорючего в РФ сдерживает акцизный налог, которым облагается наиболее распространенный в мире вид жидкого биотоплива - биоэтанол. *Энергетическая стратегия России на период до 2030 г.*, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р, *предусматривает поэтапное увеличение доли возобновляемых источников энергии без крупных ГЭС в производстве электрической энергии в стране к 2015 г. – до 2.5%, к 2020 г. до 4.5%, к 2030 г. – до 7%* (сейчас в стране на долю НВИЭ приходится менее 1% от общего производства электроэнергии). Так как *биомасса в России является лидирующим НВИЭ по количеству вырабатываемого тепла и электричества*, реализация намеченных Энергетической стратегией планов предполагает, в первую очередь, *опережающее развитие технологий производства биоэнергии и биотоплива по сравнению с другими отраслями альтернативной энергетики.* В июне 2011 г. Минсельхоз РФ и Минэнерго РФ приняли решение совместно разработать проект Федерального закона «*О развитии биоэнергетики в Российской Федерации*», регулирующего производство и потребление биотоплива и биоэнергии и предусматривающего государственное субсидирование указанных областей.

Целесообразность развития эколого-ориентированных биоэнергетических технологий в РФ следует обосновывать, в первую очередь, исходя из запасов, качества и ассортимента имеющегося в стране сырья для указанных технологических процессов, мощности действующих и перспективных производств по преобразованию энергии биомассы, наличия возможности эффективного решения проблем энергоснабжения и улучшения экологической обстановки в результате реализации перспективных проектов в сфере биоэнергетики, а также с учетом имеющихся в стране научно-технических разработок в области производства биотоплива и биоэнергии. По оценкам экспертов, Россия является мировым лидером по запасам биомассы, которую можно использовать в энергетике и топливной промышленности. *Основным биотопливным ресурсом в РФ является древесина*, общие запасы которой составляют 23% от общемировых запасов и превышают 82 млрд. м³, что эквивалентно 41 млрд. т. В табл. 11 представлены обобщенные автором данные об энергетическом потенциале биомассы и биоотходов в РФ.

Энергетический потенциал биомассы и биоотходов в РФ.

	Отходы АПК	Бытовой мусор	Древесные отходы	Лес	Топливные культуры резервных сельскохозяйственных земель
Накопление, млн. т/год	~ 773	~ 50	~ 50	>400	~225
Энергосодержание, млн. т у.т.	~ 100	~ 15	~ 25	>140	~60

Анализ эколого-энергетических характеристик различного отечественного сырья биогенного происхождения, проведенный в диссертационном исследовании, показывает, что в российской биоэнергетике к наиболее перспективным видам биомассы относятся: быстрорастущие многолетние деревья - энергетические леса; опилки, а также отходы рубки и переработки древесины; солома и другие отходы АПК; бытовой мусор; сельскохозяйственные культуры низких сортов.

Передовые промышленные технологии производства топлива и энергии из биомассы появились в СССР еще в конце 1960-х гг. С 1980-х гг. приоритетными направлениями использования биомассы в энергетических целях в СССР стали газификация древесины и другого целлюлозосодержащего сырья, а также развитие технологий для производства биогаза, тепловой и электрической энергии из ТБО, стоков, биоотходов АПК, пищевой и легкой промышленности. В настоящее время в России имеются передовые высокорентабельные технологии производства биодизеля и биоэтанола, газификации биомассы с КПД 75-85%, получения биотоплива 2-го поколения и т.д.

Таким образом, для развития технологий эколого-ориентированной биоэнергетики в РФ имеются три главные составляющие: передовые промышленные технологии производства топлива и энергии из биомассы; надежное оборудование для выработки биотоплива и биоэнергии; масштабная сырьевая база.

Проведенный анализ возможностей, достижений и проблем отечественной биоэнергетики в области ресурсосбережения, производства энергии и сохранения окружающей среды позволяет сформулировать следующие перспективные задачи указанной отрасли экономики в РФ: 1) разработка и реализация наиболее эффективной модели государственного стимулирования биоэнергетики с учетом передового зарубежного опыта и особенностей производства и использования биотоплива в России; 2) разработка и утверждение эффективной законодательной и нормативной базы в области биоэнергетики; 3) развитие передовых технологий производства твердого биотоплива на основе переработки отходов сельского хозяйства, лесозаготовок, лесной, деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности с учетом потребностей на внутреннем и мировом биотопливных рынках; 4) разработка и развитие усовершенствованных высокорентабельных технологий переработки отходов АПК и лесозаготовок, сельскохозяйственных культур и быстрорастущих деревьев в жидкое моторное биотопливо с учетом наличия в стране не используемых посевных площадей и избыточных объемов растительного сырья низких сортов; 5) наращивание мощностей биогазовых и газогенераторных установок, использующих сельскохозяйственные, бытовые и промышленные отходы, а также развитие технологий по извлечению свалочного биогаза; 6) увеличение объемов производства электричества и тепла из биомассы и продуктов ее переработки за счет замещения традиционного ископаемого топлива на тепловых электростанциях и котельных, повышения КПД выработки тепловой и электрической энергии из биотоплива, сооружения биогазовых и газогенераторных комплексов; 7) организация серийного производства оборудования для проектов в области биоэнергетики на основе передовых отечественных НИОКР; 8) развитие генных технологий, модифицирующих в энергетических целях сырье биогенного происхождения и снижающих себестоимость производства биотоплива; 9) развитие разработок по производству биотоплива из водорослей; 10) развитие международного сотрудничества в области разработки и внедрения биоэнергетических проектов.

5. Разработка модели управления технологическим развитием биоэнергетики в интересах ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности.

Для разработки модели управления технологиями преобразования энергии биомассы в диссертационном исследовании была выбрана отечественная биоэнергетика. В настоящий момент эта отрасль в России функционирует в основном без государственного регулирования. Для стимулирования технологического развития биоэнергетики в РФ с целью замещения традиционных ископаемых энергоносителей необходимо разработать и внедрить комплекс эффективных мер ее поддержки, включающий *законодательное регулирование, определение четких государственных целей и приоритетов функционирования указанного сектора экономики, планирование объемов производства биотоплива и биоэнергии, льготное налогообложение хозяйственной деятельности в сфере производства топлива и энергии из биомассы, бюджетное финансирование биоэнергетических проектов и т.д.*

Как показало исследование проблем, с которыми приходится сталкиваться при реализации биоэнергетических проектов в РФ, использование биомассы в энергетических целях сдерживается в России различными административными и бюрократическими преградами, обусловленными недостаточно развитым взаимодействием властей в регионах и представителей частного бизнеса в сфере биоэнергетики и биотопливной промышленности. Например, котельные в РФ принадлежат в основном муниципалитетам, а биотопливо, которое могло бы использоваться на указанных объектах, производят частные компании. В стране не развито партнёрство финансовых структур, владельцев биоэнергетических ресурсов, потенциальных и действующих производителей биотоплива и биоэнергии и разработчиков проектов по биоэнергетике. *Государственная поддержка биоэнергетики в РФ должна быть преимущественно направлена не на увеличение бюджетных расходов, а на формирование выгодных условий производства и потребления биотоплива и биоэнергии, а также оборудования для их выработки по аналогии с тем, как это происходит в ряде стран мира.* Поэтому достижения зарубежных стран в области государственного регулирования биоэнергетики полезно использовать для расширения спектра потенциальных возможностей этой перспективной отрасли в РФ. С учетом передового зарубежного опыта развития биоэнергетики и особенностей производства и использования биотоплива в России в диссертационном исследовании были определены следующие *основные направления государственного стимулирования и регулирования отечественной биоэнергетики в интересах ресурсосбережения и эколого-энергетической безопасности*, которые предлагается законодательно утвердить в различных нормативно-правовых документах (в частности, в Федеральном законе «О развитии биоэнергетики в Российской Федерации»): 1) выделение субсидий на переработку в биотопливо различных биоотходов и на перевод котельных, ТЭС и ТЭЦ с ископаемых видов энергоресурсов на биомассу, 2) установление налоговых льгот при сооружении объектов по переработке энергии биомассы, а также льготное кредитование строительства указанных объектов; 3) введение налоговых льгот для производителей топлива и энергии из биомассы, в частности, отмена акциза на отечественный биоэтанол; 4) установление льгот для потребителей биотоплива; 5) введение льготных тарифов для производителей и потребителей энергии, выработанной из биомассы; 6) установление обязанности по приобретению оптовыми покупателями заданного объема электрической энергии, произведенной из биомассы, а в случае невыполнения указанных квот – применение к таким субъектам определенных финансовых санкций; 7) субсидирование затрат производителей электроэнергии из биомассы на подключение к электросетям; 8) бюджетное финансирование отечественных НИОКР в области биоэнергетики и содействие доведению их до промышленного производства; 9) регулирование налогов на выбросы и загрязнение окружающей среды; 10) использование штрафов за невыполнение установленных квот по приобретению заданного объема биоэнергии, сборов за выбросы загрязняющих веществ и налогов на ископаемые виды топлива в качестве финансовых источников поддержки биоэнергетики; 11) организация обучения и стажировок специалистов всех уровней в рамках образовательных программ по биоэнергетике.

Управление развитием эколого-ориентированной биоэнергетики с целью эффективного замещения традиционной углеводородной энергетики должно осуществляться на различных

институциональных уровнях – законодательно-нормативном, производственном, научно-исследовательском, финансовом, образовательном, информационном. Модель управления развитием в РФ биоэнергетической компоненты обеспечения эколого-энергетической безопасности, разработанная в диссертационном исследовании, представлена на рис. 2.



Рис. 2. Модель управления биоэнергетикой, разработанная в диссертационном исследовании.

6. Анализ особенностей замещения традиционных углеводородных энергоносителей древесной биомассой в российской теплоэнергетике и определение наиболее перспективных для указанных мероприятий видов древесного биотоплива.

Древесное топливо универсально: из него можно получать тепло, электричество, транспортное горючее. Перспективы его использования в топливной промышленности и энергетике в определенном регионе страны или мира определяются прежде всего сырьевыми, кадровыми и экономическими ресурсами, а также спросом на этот энергоноситель на внутреннем и мировом рынках. В ходе диссертационного исследования было установлено, что в России в настоящее время древесные энергоносители используются в основном для выработки тепла. В конце 2010 г. Федеральное агентство по лесному хозяйству (Рослесхоз) и Совет по лесному комплексу при Правительстве РФ приняли решение о создании концепции по использованию в России высококачественного твердого биотоплива из древесины. Современное лесное хозяйство может обеспечить интенсивное использование древесных ресурсов без уничтожения леса. Грамотно проведенное зонирование позволяет

минимизировать неблагоприятные экологические и социальные последствия интенсивного лесопользования. Для промышленного выращивания древесины можно использовать бывшие сельскохозяйственные земли, ставшие непригодными для сельского хозяйства из-за деградации почвы. Такие земли обычно хорошо подходят для плантационного выращивания топливной древесины.

В настоящее время древесные ресурсы составляют в России: при допустимых объемах вырубке леса – более 140 млн. т у.т./год, при фактической рубке – более 35 млн. т у.т./год. Централизованные и нецентрализованные источники в РФ вырабатывают более 300 млн. т у.т. тепла в год. Поэтому валовый потенциал использования древесной биомассы в отечественной теплоэнергетике с учетом структуры ее переработки, представленной в табл. 12, составляет в РФ: при фактической рубке – 23-25 млн. т у.т./год (8%), при допустимых объемах изъятия леса – 90-100 млн. т у.т./год (32%).

Таблица 12

Структура переработки древесной биомассы в России

Вид переработанной древесной биомассы	Доля, %
Пиломатериалы	30-35
Дрова	15-30
Отходы	35-55
Всего:	100

В работе проведено сравнение традиционных и биоэнергетических технологий выработки тепла в РФ на основе сопоставления показателей, характеризующих древесное и ископаемое топливо, с помощью методики, разработанной в диссертационном исследовании. Вначале были определены наиболее значимые для оценки технологий показатели. Из энергетических показателей выбраны: удельная теплота сгорания топлива q , эффективность использования топлива котлом (КПД котла), годовой расход топлива R на котел мощностью 1 МВт; из экологических – содержание серы и золы, а также количество выделяемого углекислого газа при сгорании топлива; из экономических – средняя цена и годовые затраты на топливо. При расчете годового расхода топлива R были учитывались длительность отопительного периода в РФ, равная 214 дней (или 5136 час.), и частичное (с коэффициентом $k=0.5$) использование установленной мощности котла в остальные дни года для осуществления горячего водоснабжения. Кроме этого, было принято во внимание, что 1 кВт·ч = 3.6 МДж и то, что средняя плотность древесной щепы и сухих дров (влажность 25%) составляет 0.7 т/м³. Для определения величины R (кг/год) использовалась следующая формула:

$$R = ((214 + 0.5 \cdot 151.5) \cdot 24 \cdot 3600) \text{с/год} \cdot 10^6 \text{Вт} / ((q \cdot 0.01 \cdot \text{КПД}) \text{Дж/кг}).$$

Значения выбранных для анализа показателей представлены в табл. 13.

Таблица 13

Характеристики топлива для выработки тепла в РФ

Вид топлива	Средняя удельная теплота сгорания, МДж/кг (*МДж/м ³)	Средний КПД котла, %	Средний расход топлива на 1МВт, т/год (*м ³ /год)	% серы	% золы	CO ₂ , кг/ГДж	Средняя цена, руб./т (*руб./м ³)	Средние затраты, тыс. руб./год
Дизельное топливо	42.5	80	737	0,2	1	78	16800	12382
Мазут	42	65-70	884	1.2	1.5	78	9200	8131
Природный газ	35-38*	90	762740*	0	0	57	3*	2288
Каменный уголь	20 – 30	55-60	1743	1-3	10-35	60	2500-3800	4358-6624
Горф	8-15	40-70	3961	0	20	70	1000-3000	7922
Пеллеты	17,5	80-85	1735.5	0.1	1	0	2000-4000	3471-6942
Древесные брикеты	10-20	70-90	2088	0	1	0	1500-2500	3132-5220

Древесная щепа; сухие опилки	10	65-80	3456 (4937*)	0	1	0	200-600*	987-2962
Дрова сухие	8-10	50-70	4640 (6629*)	0	1	0	1200*	7954

Из последнего столбца таблицы видно, что *самыми недорогими видами топлива для выработки тепла в РФ являются природный газ, сухие опилки и древесная щепа*. Но запасы газа в России с каждым годом уменьшаются, а стоимость на внутреннем рынке ежегодно растет. По подсчетам специалистов, в результате удорожания цена на природный газ к 2015 г. может составить в РФ более 85% от экспортной цены, а к 2020 г. достигнет 100% от экспортной цены. Следовательно, *использование древесной биомассы в качестве топлива становится для отечественных производителей и потребителей тепла все более актуальным*. Сейчас в России не так много граждан, задумывающихся об экологической обстановке в стране, в отличие от целого ряда других государств. Поэтому определяющее значение при выборе сырья для теплоэнергетики в РФ в настоящий момент имеет фактор стоимости производимого из него тепла. Таким образом, *перевод отечественной теплоэнергетики на древесную биомассу в настоящий момент целесообразен там, где: 1) имеется местное относительно недорогое производство древесного биотоплива; 2) тепло вырабатывают из угля, мазута, торфа или дизельного топлива*. Самым невыгодным из древесных видов топлива для отечественной теплоэнергетики являются дрова, т.к. затраты на выработку тепла из них достаточно высокие. Экологические характеристики производства тепловой энергии из древесины, как следует из табл. 13, для разных ее видов примерно одинаковые и заметно превосходят аналогичные параметры для традиционного топлива.

При переводе отечественной теплоэнергетики на древесное биотопливо необходимо учитывать требования различных зарубежных и отечественных стандартов, предъявляемых к древесным энергоносителям, а также передовой зарубежный опыт: 1) по финансированию указанных мероприятий; 2) по снижению себестоимости производимого из биотоплива тепла; 3) по минимизации вредных выбросов при сжигании биомассы.

По экспертным оценкам, износ оборудования в отечественной теплоэнергетике составляет примерно 80%. Более 70% котельных отработали свой нормативный ресурс, а 30% котельных отработали такой ресурс дважды. Поэтому инвестиции в модернизацию указанной отрасли в любом случае необходимы. Но в большинстве регионов России, как следует из предыдущих рассуждений, целесообразно инвестировать средства не в традиционные технологии производства тепла, а в биоэнергетические по примеру того, как это делается во многих странах мира. *Необходимость модернизации котлов, работающих на традиционном топливе, продиктована, кроме их износа, повышением цен на возобновляемые энергоносители, а также обязательствами по снижению вредных выбросов*. В РФ сейчас эксплуатируются около 74032 котельных, из которых только 50% имеют непосредственное подключение к традиционному источнику топлива – природному газу. Остальные котельные работают только на привозном сырье – топочном мазуте, каменном угле, дизеле, торфе. А ведь во многих регионах имеется огромное количество древесины и ее отходов, которые можно использовать в качестве топлива.

Как показало диссертационное исследование, одним из способов решения финансовых проблем, связанных с развитием биоэнергетики в РФ, является введение налогов на эмиссию углекислого газа и на другие выбросы энергетических установок. Целесообразно также установить ежегодные квоты для местных энергетических компаний на выработку тепла и электричества из биомассы в размере 2-15% от общего объема продаж тепловой и электрической энергии в регионе и ввести определенные сборы в случае невыполнения принятых обязательств. За счет указанных финансовых источников следует сформировать фонд развития альтернативной энергетики, управляемый государством, часть средств которого могла бы расходоваться на перевод котельных с традиционного ископаемого горючего на биотопливо, а также на строительство новых котельных на древесной биомассе. Кроме этого, введение указанных налогов и сборов сделало бы экономически выгодным

переход отечественной теплоэнергетики с более дешевых, но экологически не безопасных традиционных энергоносителей на более дорогое биотопливо.

7. Разработка модели развития технологий производства тепла из перспективных видов древесного топлива в России и оценка его эффективности на примере одного из субъектов РФ.

В настоящий момент в РФ разрабатывается только ряд отдельных региональных программ, связанных с использованием древесного биотоплива в теплоэнергетике. Большая часть указанных проектов предполагает перевод муниципальных котельных небольшой мощности с традиционных углеводородных энергоресурсов на биомассу и не оказывает в случае их успешной реализации существенного влияния на энергетику, экологию, экономику и социальную обстановку в регионах. Централизованного сбалансированного планирования производства и использования древесных энергоносителей в России нет ни на федеральном, ни на региональных уровнях. Поэтому одной из задач данного диссертационного исследования стало формирование универсальной модели развития технологий производства тепла из древесного сырья в России на основе разработанной автором методики отбора биоэнергетических проектов с помощью эколого-энергетических и социально-экономических показателей.

Координатором мероприятий по переводу отечественной теплоэнергетики с невозобновляемых энергоресурсов на древесное биотопливо может стать *Общероссийская общественная организация «Всероссийское общество охраны природы» (ВООП)*, действующая с 1924 г. и имеющая в настоящий момент отделения в 70-и субъектах РФ. *По согласованию с представителями ВООП в ходе проведения диссертационных исследований была разработана целевая программа «Применение древесной щепы для отопления и горячего водоснабжения в сфере ЖКХ и промышленных объектов на территории Российской Федерации», направленная на реализацию мероприятий в соответствии с Федеральным законом "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". (Распоряжение Правительства РФ от 1.12.2009 г. № 1830-р). Целью указанной программы является внедрение инновационных эколого-ориентированных европейских технологий по применению древесной щепы для производства тепла в различных субъектах РФ. Выбор древесной щепы в качестве альтернативного источника выработки тепловой энергии в России продиктован экономической и экологической целесообразностью. Затраты на производство тепла из указанного энергоносителя в РФ являются одними из самых низких среди различных видов традиционного и древесного топлива. Кроме этого, щепа – достаточно распространенный в России вид энергетического сырья по сравнению с пеллетами и брикетами, для ее получения используются отходы лесной и деревообрабатывающей промышленности, а грамотное сжигание данного топлива не сопровождается нанесением вреда окружающей среде. Насчитывается несколько десятков производителей оборудования для производства древесной щепы, наиболее известные из них - Morbark, Brucks, Peterson, Farmi и др. Первый этап рассматриваемой целевой программы предполагает разработку и реализацию пилотного проекта перевода котельных на древесную щепу в одном из субъектов РФ. В дальнейшем планируется тиражирование данного проекта в различных российских регионах с учетом их сырьевой и иной специфики. В качестве модельного населенного пункта для формирования плана развития технологий производства тепла из древесной щепы в РФ был выбран г. Кандалакша Мурманской области, в котором имеется лесоперерабатывающий комбинат, производящий щепу, а тепловая энергия централизованно производится из дорогого и экологически небезопасного вида ископаемого топлива – мазута. На рис. 3 представлена модель развития технологий производства тепла из перспективных видов древесного топлива в России.*

Модель развития технологий производства тепла из древесного топлива в РФ

Координация мероприятий по переводу отечественной теплоэнергетики с традиционных углеводородных энергоресурсов на древесное биотопливо (ВООП): отбор регионов, разработка ГИС о котельных и древесных ресурсах, разработка региональных проектов выработки тепла из древесного биотоплива на основе методики отбора биоэнергетических технологий с помощью эколого-энергетических и социально-экономических показателей, формирование оборотного фонда по биоэнергетике и т.д.



Реализация пилотных проектов перевода котельных на перспективные виды древесного топлива и строительства новых котельных на древесной биомассе в отдельных субъектах РФ



Тиражирование проектов перевода котельных с ископаемого на древесное топливо и строительства новых котельных на биомассе в различных российских регионах с учетом их сырьевой и иной специфики

Рис. 3. Модель развития технологий выработки тепла из перспективных видов древесного биотоплива в РФ.

В результате анализа особенностей функционирования отечественной теплоэнергетики были выявлены трудности, которые могут возникать на этапе разработки планов ее модернизации с целью замещения традиционного топлива биомассой. На рис. 4. представлена структура и виды проблем, с которыми приходится сталкиваться при подготовке проектов выработки тепловой энергии из биотоплива.



Рис. 4. Виды проблем при разработке проектов выработки тепла из биомассы.

В табл. 14 представлена обобщенная автором последовательность этапов разработки и реализации проектов использования древесного топлива в теплоэнергетике РФ с учетом сформированного инструментария отбора технологий переработки биомассы и биоотходов на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей. Содержание указанных этапов и порядок их следования определялись путем анализа специфики ведения хозяйственной деятельности в топливно-энергетическом комплексе и особенностей производства тепла из древесного топлива в России.

Таблица 14

Этапы разработки и реализации проектов по переводу теплоэнергетики в РФ с ископаемого на древесное биотопливо

Разработка	Реализация
1. Выбор древесного сырья на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей	1. Получение разрешения Департамента топливно-энергетического хозяйства региона на модернизацию действующей котельной под использование древесного сырья или строительство новой котельной на древесной биомассе
2. Решение вопросов обеспечения котельной биотопливом (заготовка, доставка, складирование)	2. Осуществление технического проектирования
3. Принятие технического решения о способе замещения традиционного ископаемого топлива (модернизация котлов, строительство новой котельной) на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей	3. Монтаж

4. Принятие решения об утилизации отходов	4. Обучение и инструктаж персонала
5. Решение вопросов подключения к теплосетям и продажи тепла	5. Сдача в промышленную эксплуатацию
6. Подбор подрядчиков, монтажников, поставщиков сырья и оборудования	
7. Технико-экономическое обоснование проекта	
8. Подбор инвесторов	
9. Документальное оформление и согласование проекта	

В качестве примеров планирования технологического развития теплоэнергетики путем перевода ее объектов на древесное биотопливо рассмотрим технико-экономические обоснования (ТЭО) реконструкции действующих котельных и строительства новых котельных на древесной щепе в г. Кандалакша Мурманской области.

1) ТЭО перевода котельных в РФ на древесную щепу.

В г. Кандалакша Мурманской области эксплуатируются 2 районные котельные общей мощностью 40 МВт, использующие в качестве топлива мазут. Местный муниципалитет планирует перевод указанных объектов на древесную щепу. Поставщиком сырья будет местный лесокомбинат, производящий щепу стоимостью 181 руб./м³, обладающую следующими характеристиками: естественная влажность, насыпная плотность 220-250 кг/м³. Исходные данные для ТЭО проекта по модернизации указанных котельных длительностью не более 8 месяцев представлены в табл. 15. Расчет среднегодового расхода топлива **R** и количества произведенного за год тепла **Q** осуществлялся по формулам (**q** – теплотворная способность топлива):

$$R = ((214 + 0.5 \cdot 151.5) \cdot 24 \cdot 3600) \text{с/год} \cdot 40 \cdot 10^6 \text{ Вт} / ((q \cdot 0.01 \cdot \text{КПД}) \text{ Дж/кг}),$$

$$Q = ((214 + 0.5 \cdot 151.5) \cdot 24 \cdot 3600) \text{с/год} \cdot 40 \cdot 10^6 \text{ Вт}.$$

Таблица 15

Показатели производства тепла из мазута и древесной щепы в котельных г.Кандалакша

Показатели	Мазут	Древесная щепа
Теплотворная способность топлива q , МДж/кг	42	10
Общая мощность котлов P , МВт (2x20 МВт)	40	40
КПД котлов, %	65	70
Среднегодовой расход топлива R в котельных общей мощностью 40 МВт, т/год	36712	143177
Стоимость топлива p , руб./т (г. Кандалакша)	9200	743
Средние затраты на приобретение топлива Z=p•R, тыс. руб./год	337750	106381
Содержание серы в топливе n_s , %	1.2	0
Содержание золы в топливе n_z , %	1.5	1
Удельные выбросы CO ₂ m , кг/ГДж	78	0
Произведенное за год тепло Q , ГДж/год	1001376	1001376
Среднегодовые выбросы CO₂ M=m•Q, т/год	78107	0

Выводы 1) Топливная составляющая затрат на производство тепловой энергии при замене мазута древесной щепой в г. Кандалакша уменьшится в 3.18 раза, экономия при переходе на древесную щепу составит в рассматриваемом регионе более 231 млн. руб./год; 2) выбросы углекислого газа сократятся на 78.107 тыс. т/год, сократятся также выбросы оксидов серы, что резко снизит размеры ущерба, наносимого окружающей среде при сжигании возобновляемых энергоносителей.

2) ТЭО строительства в РФ котельных на древесной щепе.

1. Исходные данные для ТЭО строительства 2-х котельных на древесной щепе в г. Кандалакша (резервное топливо – мазут)

- Тепловая мощность котельных 2x20 МВт = 40 МВт
- Тарифы на приобретение древесной щепы: 0,37 руб./кВт-ч (расход 0.0005 т/кВт-ч, цена 743 руб./т)
- Тарифы на электроэнергию: 3,07 руб./кВт-ч
- Тарифы на централизованное теплоснабжение: 1200 руб./Гкал
- Расчетный период эксплуатации котельных: 20 лет
- Стоимость индивидуальных котельных мощностью 2x20 МВт = 40 МВт составляет 433249210 руб. В стоимость включены проектирование, монтаж, сдача в эксплуатацию; длительность строительства 1 год.

2. Эксплуатационные издержки в месяц

- 2.1. Расход щепы в месяц: 40000 кВт*24*30*0,37 руб./кВт-ч=10656000 руб.
- 2.2. Расход электроэнергии в месяц: 400 кВт*24*30*3,07 руб./кВт-ч=884160 руб.
- 2.3. Зарплата обслуживающего персонала в месяц: 30 000 руб./чел. * 8 чел.=240000 руб.
- 2.4. Социальный налог: 240000*0,34=81600 руб.
- 2.5. Амортизация котельных в месяц: 0,82*433249210/(20*12)=1480268 руб.
- 2.6. Налог на имущество в месяц: (433249210*0,022)/12=794290 руб.

2.7. Стоимость технического обслуживания котельных в месяц: 640000 руб.

Итого эксплуатационные расходы в месяц составят:

$10656000+884160+240000+81600+1480268+794290+640000=14776318$ руб.

3. Расчет срока окупаемости котельных

Оплата за централизованное теплоснабжение в месяц составляет:

$40 \text{ МВт} \cdot 0,86 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 1200 \text{ руб./Гкал} = 29721600$ руб (1 МВт-ч = 0.86 Гкал)

Срок окупаемости котельных при неизменной стоимости топлива составит n лет:

$433249210+14776318 \cdot 12n = 29721600 \cdot 12n$; $n = 2.4$ лет

4. Расчет цены 1 Гкал, вырабатываемой индивидуальными котельными

Котельные в месяц вырабатывают: $40 \text{ МВт} \cdot 0,86 \cdot 24 \cdot 30 = 24768$ Гкал

При ежемесячных эксплуатационных расходах 14776318 руб. себестоимость производства 1 Гкал составит:

$14776318/24768 = 596.6$ руб./Гкал при стоимости централизованного теплоснабжения 1200 руб./Гкал

Выводы Себестоимость производимой котельными тепловой энергии в 2 раза ниже стоимости тепла от централизованного теплоснабжения, ежемесячная выгода при эксплуатации котельных составит: $(1200 - 596.6) \text{ руб./Гкал} \cdot 24768 \text{ Гкал} = 14945011$ руб., а годовая: $14945011 \cdot 12 = 179340134$ руб.

Расчет срока окупаемости проекта проводился без дисконтирования (приведения всех денежных потоков к единому моменту времени) и, соответственно, без учета коэффициента дисконтирования, т.к. финансирование строительства большинства новых котельных на древесном биотопливе осуществляется в настоящий момент в РФ за счет региональных бюджетных средств без привлечения банковских кредитов.

К рискам, связанным с переходом котельных на древесную щепу, относятся возможность повышения цен на древесное биотопливо в связи с ростом спроса на него, а также привязанность объектов теплоэнергетики, перешедших на указанное горючее, к определенным поставщикам сырья. Развитие отечественного рынка древесных энергоносителей будет способствовать уменьшению таких рисков.

Оценим объемы дополнительных финансовых средств, которые можно получить в рамках Киотского протокола за счет продажи единиц сокращения вредных выбросов при переводе котельных с мазута на щепу в г. Кандалакша, используя данные табл. 16. Расчет стоимости сокращенных выбросов осуществлялся на основе действующих в ЕЭС тарифов, определенных на основе оценок средних размеров ущерба, который наносится окружающей среде при выбросе 1 т CO₂ (соответствующий ущерб в настоящий момент в среднем оценивается в 6-14 евро за 1 т выбросов углекислого газа).

Таблица 16

Расчет потенциальной выручки от продажи квот на выбросы CO₂ в г. Кандалакша

Показатель	Значение
Стоимость сокращенных выбросов (размер предотвращенного ущерба), евро/т	6
Объемы сокращаемых выбросов, т/год (CO ₂)	78107
Потенциальная выручка от продажи квот на выбросы, евро/год	468642
Потенциальная выручка от продажи квот на выбросы (предотвращенный ущерб), млн.руб./год	~ 19.2

Таким образом, за счет экономии при закупке топлива и продажи квот на выбросы углекислого газа объем суммарных выгод от перевода котельных в г. Кандалакша с мазута на древесную щепу может составить более 250 млн. руб./год. В результате указанных мероприятий размер ущерба, наносимого окружающей среде топливно-энергетическим комплексом, сократится на 19 млн. руб./год.

В России котельные производят около 878 млн. МВт-ч тепловой энергии в год. Средняя экономия при переходе указанных объектов с традиционного топлива на щепу составляет около 0.7 тыс. руб./год на 1 МВт-ч выработанной энергии (табл. 13). Поэтому если перевести хотя бы 25% отечественных котельных на древесное биотопливо, то можно ежегодно экономить более 150 млрд. рублей, что составляет около 1.5% от бюджета Российской Федерации. Кроме этого, в случае продажи квот на выбросы CO₂ дополнительно можно получить еще около 0.37 млрд. евро/год при ежегодном сокращении указанной эмиссии на 0.062 млрд. т/год.

Использование в теплоэнергетике котельных небольшой мощности и домашних котлов, сжигающих древесную щепу и другие виды биотоплива, создает предпосылки для децентрализации производства тепловой энергии, что повышает энергетическую безопасность страны. Кроме этого, замена традиционных энергоносителей биотопливом сохраняет уголь, нефть и природный газ для будущих поколений. При производстве 1 МВт-ч тепловой энергии

из древесной биомассы, как следует из табл. 13, замещается в среднем 0.173 т у.т. ископаемых энергоносителей. В масштабах всей страны перевод 25% котельных на биотопливо древесного происхождения означает ежегодное сохранение 38 млн. т у.т. невозобновляемого горючего, что составляет около 4% от нынешней потребности РФ в энергоресурсах. Таким образом, расширение использования древесного биотоплива позволяет не только существенно улучшить ситуацию с отоплением и горячим водоснабжением на территории России, что особенно важно для удаленных регионов страны, но и способствует решению задач ресурсосбережения и энергосбережения, повышая при этом экологическую и энергетическую безопасность страны. Кроме этого, переход на местные виды топлива, в том числе на древесную биомассу и древесные отходы, позволяет создавать рабочие места в тех регионах, которые будут отапливаться таким биотопливом. По данным экспертов, высокомеханизированное производство топлива из древесины требует 120 рабочих мест на 1 ТВт-ч энергии, которая будет из него выработана, а немеханизированное – 400. Поэтому использование древесины в качестве источника для выработки тепла создает предпосылки и для решения социальных проблем в России.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании выполнен анализ состояния мировой и отечественной биоэнергетики, а также ее роли в решении задач ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности, включающий энергетические, экологические, технологические, экономические и институциональные аспекты. В соответствии с полученными данными разработана методика комплексной оценки биоэнергетических технологий на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей и сформирована методология управления замещением традиционной углеводородной энергетики эколого-ориентированной биоэнергетикой. На основе расчёта эколого-энергетической и социально-экономической эффективности перевода отечественной теплоэнергетики с ископаемого топлива на древесную щепу обоснована целесообразность развития технологий производства тепла из древесного топлива в РФ и даны рекомендации по реализации соответствующей целевой программы на федеральном и региональном уровнях.

В результате работы:

- дана оценка современного состояния мировой биоэнергетики и ее роли в обеспечении глобальной и региональной энергетической и экологической безопасности;
- проведен анализ причин, ускоряющих и замедляющих замещение традиционной углеводородной энергетики эколого-ориентированной биоэнергетикой; выявлены предпосылки ускоренного развития биоэнергетики в различных регионах мира, а также обозначены факторы, стимулирующие и сдерживающие рост производственных мощностей указанной отрасли мировой экономики;
- проведен анализ мирового и отечественного рынка биотоплива и технологий преобразования энергии биомассы, выявлены основные виды современного биотоплива;
- определены перспективные задачи мировой и отечественной биоэнергетики в сфере ресурсосбережения и обеспечения эколого-энергетической безопасности;
- определены критерии комплексной оценки возможностей биоэнергетических технологий в решении эколого-энергетических и социально-экономических проблем и сформирована совокупность показателей, определяющих методологию отбора технологий биоэнергетики, в наибольшей степени удовлетворяющих требованиям экологической и энергетической безопасности с учетом региональных аспектов замещения традиционных энергоносителей;
- разработана методика комплексной оценки технологий преобразования энергии биомассы на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей и даны рекомендации по ее использованию при формировании планов развития биоэнергетики;

- обоснована целесообразность развития перспективных биоэнергетических технологий и использования зарубежного опыта государственного регулирования биоэнергетики в России;
- разработана модель управления технологическим развитием биоэнергетики в РФ в интересах ресурсосбережения, энергетической и экологической безопасности;
- проведён анализ особенностей замещения традиционных ископаемых энергоносителей древесной биомассой в отечественной теплоэнергетике и выявлены наиболее перспективные для указанных мероприятий виды древесного биотоплива;
- разработана модель развития технологий производства тепла из древесного биотоплива в РФ и даны рекомендации по ее реализации на федеральном и региональном уровнях;
- обоснован переход отечественной теплоэнергетики на древесное биотопливо на примере расчета эффективности перевода котельных в г. Кандалакша Мурманской области с мазута на древесную щепу.

Главным результатом диссертационной работы является разработка методики комплексной оценки биоэнергетических технологий на основе эколого-энергетических и социально-экономических показателей и рекомендаций по ее использованию при формировании планов развития биоэнергетической компоненты обеспечения экологической и энергетической безопасности с учетом региональных аспектов замещения традиционных углеводородных энергоносителей.

Основные положения и методические разработки исследований, проведённых в диссертационной работе, нашли применение в практической деятельности Общероссийской общественной организации «Всероссийское общество охраны природы» (ВООП) и администрации муниципального образования городского поселения Кандалакша Кандалакшского района Мурманской области. Результаты исследования рекомендованы для изучения государственным, коммерческим и общественным организациям в различных регионах мира, заинтересованным в развитии биоэнергетических технологий.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ ИЗДАНИЯХ:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Астафуров А.О. Особенности использования в РФ зарубежного опыта развития биоэнергетики. // Вестник университета. (Государственный университет управления). - М.: ГУУ. 2011. № 17. С. 109-110. 0.3 п.л. (ISSN 1816-4277)
3. Астафуров А.О., Киселева С.П. Комплексная оценка возможностей биоэнергетических технологий в решении эколого-энергетических и социально-экономических проблем различных регионов мира // Вестник университета. (Государственный университет управления). - М.: ГУУ. 2011. № 24. С. 0.8 п.л. (ISSN 1816-4277)
4. Астафуров А.О., Гвоздкова И.А. Перспективные задачи российской биоэнергетики в сфере экологической и энергетической безопасности. // Вестник университета. (Государственный университет управления). - М.: ГУУ. 2011. № 16. С.155-160. 0.9 п.л. (ISSN 1816-4277)

В прочих изданиях:

1. Астафуров А.О. Роль перспективных технологий биоэнергетики в обеспечении экологической и энергетической безопасности. // Вестник Международной Академии Наук (Русская секция). Материалы международной конференции «Экология человека: здоровье, культура и качество жизни». М.: МГТУ им. М.А.Шолохова. 2011. Специальный выпуск. С. 16-17. 0.2 п.л. (ISSN 2221-7479).
2. Гвоздкова И.А., Астафуров А.О. Перспективы инновационного развития биоэнергетики в интересах экологической и энергетической безопасности. // Сборник материалов Международной заочной научно-практической конференции "Инновационная экономика - направление устойчивого развития государства". г. Балашиха МО. 2011. С. 40-45. 0.4 п.л.

Подп. в печ. 21.02.2012. Формат 60x90/16. Объем 1,0 п.л.

Бумага офисная. Печать цифровая.

Тираж 50 экз. Заказ № 125

ФГБОУВПО «Государственный университет управления»
Издательский дом ФГБОУВПО «ГУУ»
109542, Москва, Рязанский проспект, 99, Учебный корпус, ауд. 106
Тел./факс: (495) 371-95-10, e-mail: diric@guu.ru
www.guu.ru