

DOI: 10.30680/ECO0131-7652-2018-7-96-111

# Эффективность энергетических плантаций\*

**Е.В. ГУБИЙ**, Институт систем энергетики имени Л. А. Мелентьева СО РАН, Иркутск. E-mail: egubiy@gmail.com

**В.И. ЗОРКАЛЬЦЕВ**, доктор технических наук, Иркутский научный центр СО РАН, Иркутск. E-mail: vizork@mail.ru

Обсуждаются экономические и экологические преимущества использования энергетических плантаций для обеспечения котельно-печным топливом отдаленных населенных пунктов. Особое внимание уделяется проблеме энергоснабжения байкальской туристско-рекреационной зоны. Представлены результаты исследования на основе экономико-математической модели анализа и оптимизации функционирования энергетических плантаций для топливоснабжения отдаленных населенных пунктов. Экспериментальные исследования на модели показали, что при существующей ценовой ситуации топливоснабжение отдаленных населенных пунктов на основе создания энергетических плантаций может быть вполне рентабельным даже в Сибири. Обсуждается проблема выбора оптимального сочетания энергетических плантаций и привозного топлива. Рассмотрено влияние на экономическую эффективность объемов потребности в топливе, цены привезенного издалека топлива, транспортного фактора, зависящего от конфигурации и требуемой площади энергетической плантации. *Ключевые слова:* биотопливо, возобновляемые источники энергии, топливоснабжение, экология, энергетические плантации, озеро Байкал

## Мировой опыт

При рассмотрении проектов по формированию «зеленой экономики» часто акцентируется внимание на необходимости их экономического поощрения из-за большой экологической и социальной значимости. Широко распространены идеи введения налоговых льгот, прямых государственных дотаций предприятиям и проектам, нацеленным на улучшение экологической ситуации. При этом упускается из виду, что такая «благодетельность» осуществляется за счет повышенных налогов с других предприятий, роста цен на продукцию и, нередко, игнорирования экономических интересов населения.

Перспективы мировой и российской экономики на ближайшие десятилетия связаны с развитием «зеленой экономики», которая подразумевает:

---

\* Исследования выполняются при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Иркутской области (грант № 17–410–380003) и программы ИНЦ СО РАН № XI.174.1.4.

- активное и рациональное использование возобновляемых ресурсов и источников энергии;
- снижение и, в идеале, прекращение выбросов парниковых газов, переход к «безуглеродной» энергетике, в том числе для противодействия глобальному потеплению;
- снижение выбросов в окружающее пространство оксидов серы, азота, других вредных веществ;
- экономное использование ресурсов, подверженных истощению;
- органическое земледелие в сельском хозяйстве;
- сохранение и эффективное управление экосистемами.

Все это полностью соответствует идее создания специальных энергетических плантаций древесных или травянистых растений, биомасса которых используется для целей энергетики. Тем более что такие источники топлива не только экологичны, но и вполне могут быть рентабельны без государственных преференций.

Виды энергетических плантаций различают по целевому назначению производимых энергоресурсов. Одно из них – производство жидкого моторного топлива из специально выращиваемых растений [Панцхава, 2017]. Другое, которое будет рассматриваться в данной статье, – выращивание сырья для производства твердого котельно-печного топлива.

Во многих странах мира успешно практикуется выращивание древесины на специальных энергетических плантациях. В австрийском городе Зиммеринг крупнейшая в Европе биоэлектростанция (мощностью 66 МВт) использует специально выращенную древесную биомассу. В Великобритании в графстве Северный Йоркшир на таком виде топлива работает ТЭС мощностью 10 МВт. Крупные энергетические плантации есть в Швеции, Финляндии, Канаде, США и многих других странах.

В 2011 г. в Европейском союзе общая площадь, отведенная под энергетические культуры, составляла 2,6 млн га. Из них почти 950 тыс. га задействованы в Германии для выращивания рапса и других культур, предназначенных для производства жидких видов топлива. В Финляндии для выпуска твердых видов топлива из биомассы выделено около 19 тыс. га, в Великобритании – 10–11 тыс. га, Швеции – 11 тыс. га, Польше – 5–9 тыс. га. Следует отметить, что Швеция и Финляндия среди европейских стран выделяются высокой долей потребления биоэнергии – 32,6 и 33,9%

объёма конечного потребления соответственно. В перспективе к 2020 г. Швеция стремится достичь 50%-й доли использования возобновляемых источников в общем объёме потребляемых энергоресурсов [Моор и др., 2017].

Примером эффективного производства биотоплива на энергетических плантациях является деятельность украинской компании Salix energy. Общая площадь плантаций ивы в Волинской и Львовской областях составляет 18 тыс. га. Часть биотоплива расходуется на теплоснабжение поселка городского типа Иваничи Волинской области (численностью около 7000 чел.), а часть перерабатывается и продается в виде пеллет в европейские страны [Цибульская, 2017].

На энергетических плантациях используют быстрорастущие растения, как древесные (ива, тополь), так и травянистые (мискантус, рапс и др.). Все чаще подбираются культуры, выведенные посредством генной инженерии, которым свойственны ускоренный рост, устойчивость к насекомым и др. В Иркутске этими вопросами не первый год занимаются ученые Сибирского института физиологии и биохимии растений СО РАН [Павличенко и др., 2014].

### **О модели анализа и оптимизации энергетических плантаций**

В России до 1960-х годов древесина активно использовалась на энергетические цели в рамках традиционного лесопользования в лесных и лесостепных районах, но из-за активного развития угольной, а затем нефтяной и газовой промышленности биоэнергетика не получила развития. Ныне Россия оказалась в аутсайдерах в этом направлении. В последние десятилетия в некоторых регионах, в частности в Иркутской области, активно развивается тепло- и электроэнергетика на базе использования накопившихся за многие годы огромных отходов лесозаготовительной и лесоперерабатывающей промышленности [Дементьева, 2017].

Специальное выращивание древесины на энергетические цели в России пока не практикуется, хотя это может быть вполне перспективным направлением энергообеспечения, особенно для отдаленных населенных пунктов, лесостепных и степных районов, а также особо охраняемых природных

территорий. Представляем результаты исследования на основе специально созданной экономико-математической модели оптимизации функционирования энергетических плантаций [Губий, Зоркальцев, 2017] для топливоснабжения отдаленных населенных пунктов.

В данной модели рассматривается энергетическая плантация, разделенная на количество секторов, равное сроку (в годах) выращивания деревьев. В одном из этих секторов с весны осуществляется вырубка деревьев, а осенью производятся посадки заранее выращенных саженцев. Рассматриваются, согласовываются и оптимизируются все технологические этапы, от обработки почвы перед посадкой до заготовки, вывоза, сушки и хранения топлива. При этом осуществляется выбор оптимального состава механизмов для выполнения всего спектра необходимых работ. Определяются необходимый объем строительства дорог, складов для хранения топлива, парников для выращивания саженцев, количество работающих, их зарплата, налоги, потребности в горюче-смазочных материалах. Оптимизации также подлежат выбор вида культивируемой древесины, сроков ее выращивания, проводимых аграрно-технических мероприятий.

Для оценки экономической эффективности энергетических плантаций, возможных вариантов решения частных задач в ее организации, а также при ценообразовании на ее продукцию может использоваться показатель приведенных затрат, рассчитываемый по известной формуле:

$$C = I \cdot E_N + CO,$$

где  $CO$  - ежегодные текущие затраты на функционирование энергетической плантации, млн руб. в год;  $I$  - инвестиции (капитальные вложения) в создание энергетической плантации, млн руб.;  $E_N$  - коэффициент эффективности капиталовложений (в приводимых ниже примерах равен 0,12).

Коэффициент эффективности капиталовложений можно рассматривать как величину, равную выплачиваемым ежегодным процентам от привлечения заемных средств (банковских и государственных кредитов или в виде выручки от размещаемых облигаций) для создания энергетических плантаций, или как величину ожидаемых дивидендов от инвестиций в данное

предприятие, если оно создается на принципах акционерного общества.

Естественно, что использование показателя приведенных затрат в качестве минимизируемого критерия при выборе вариантов уместно при многолетней стабильности условий, в которых будет функционировать данная плантация. При сильной изменчивости (например, существенном возрастании по годам потребности в топливе данного населенного пункта) уместно пользоваться другими родственными показателями, например, дисконтированными затратами.

**Организационно-правовые формы предприятий, осуществляющих топливоснабжение отдаленных населенных пунктов с энергетических плантаций.** Хотя в цели обсуждаемой модели такая задача не входит, уместно высказать некоторые пожелания на этот счет.

Для решения проблем топливоснабжения отдаленных населенных пунктов на базе энергетических плантаций представляется целесообразным создание некоммерческого, но обязательно самоокупаемого предприятия, например, муниципального. Оно должно заниматься организацией всего производственного цикла – создания, выращивания, переработки и транспортировки древесины до пунктов складирования биотоплива. Цены на поставляемое населению и предприятиям биотопливо должны покрывать все понесенные затраты. Поскольку предприятие будет занимать монопольное положение в топливообеспечении данного населенного пункта, в его цели не должно входить получение прибыли. Необходим контроль за его деятельностью органами власти этого населенного пункта.

**Экономическая эффективность: влияние объемов производства, цены привозного топлива, дальности перевозок.** Приведем результаты анализа экономической эффективности энергетической плантации в природно-метеорологических и экономических условиях, близких к ситуации последних лет в южных районах Иркутской области.

Рассматриваются плантации в виде круга с шестью секторами. Населенный пункт расположен в центре круга. Через каждые шесть лет растения должны достигать высоты 4–5 м и в пересчете на 1 га давать около 10–15 т древесины, что эквивалентно примерно 5 т у.т./га. В приведенных ниже расчетах цена при-

возного топлива с учетом транспортных затрат принята равной 2500 руб./т у.т. Это предположение справедливо, если в качестве привозного топлива рассматривать уголь. Стоимость угля крупнейших месторождений Иркутской области и ближайших территорий (Черемховское, Тулунское, Жеронское, Бородинское) варьирует от 1200 до 1800 руб./т, т.е. не менее 2000 руб./т у.т. С учетом затрат на транспортировку в отдаленные районы цену угля можно вполне принять для примерных расчетов равной 2500 руб./т у.т.

Если осуществлять топливообеспечение населенного пункта только с энергетической плантации, то при потребности в топливе 7950 т у.т. (примерно соответствует численности населения поселка в 6000 чел.) площадь плантации должна составить чуть менее 95,4 км<sup>2</sup>, радиус – 5,5 км. При изменении потребности площадь плантации будет пропорционально изменяться. При этом уже по нелинейной зависимости будут меняться радиус плантации и, соответственно, средняя дальность и объем перевозок в тонно-километрах. Поэтому объемы требуемых инвестиций и величины текущих ежегодных затрат нелинейно зависят от объемов потребности в топливе. Эти зависимости представлены на рисунках 1, 2.



Рис. 1. Состав инвестиций в создание энергетической плантации в зависимости от годовых объемов производства (потребности населенного пункта) в топливе

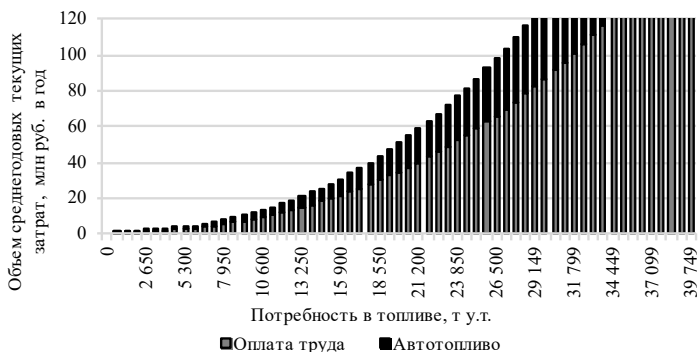


Рис. 2. Состав среднегодовых текущих затрат на функционирование энергетической плантации в зависимости от годовых объемов производства (потребности населенного пункта в топливе)

На рисунке 1 отражен состав инвестиций, необходимых для выращивания, переработки, погрузки, транспортировки и хранения биомассы, полученной с энергетических плантаций. Например, при объемах производства топлива в 7950 т у.т. в год наибольшая часть инвестиций приходится на приобретение автотранспорта (32,1 млн руб.), а также тракторов и оборудования для рубки дров (по 6,7 млн руб.), на строительство парников (6,4 млн руб.), складов (4,3 млн руб.) и дорог (3,3 млн руб.), на оборудование для посадки саженцев (4,2 млн руб.). Причем с ростом требуемых объемов производства топлива инвестиции на покупку автотранспорта и строительство дорог растут значительно быстрее всех остальных.

На рисунке 2 представлен состав текущих затрат, необходимых для функционирования энергетической плантации. Наибольшая доля затрат приходится на оплату труда и налоги. Например, при потребности в топливе, равной 7950 т у.т., среднегодовые текущие затраты на функционирование энергетической плантации составляют 7,7 млн руб. Из них затраты на оплату труда и налоги – 5,7 млн руб., приобретение горюче-смазочных материалов – около 1,9 млн руб.

**Проблема дискретности.** Многие переменные (например, количество требуемых тракторов или автомобилей конкретного типа, число работающих) в модели функционирования

энергетических плантаций являются дискретными. Это усложняет экономический анализ, в частности, делает невозможным использование такого важного показателя, как предельные затраты. В представленных здесь расчетах эти проблемы были обойдены за счет использования модификации модели, в которой исключены условия целочисленности. Это несколько занижает приведенные затраты.

**Зависимость приведенных затрат от объемов производства топлива.** Этот показатель, полученный в результате расчетов на модели, указан на рисунке 3. Приведенные затраты, начиная с некоторого небольшого значения аргумента, представим возрастающей выпуклой функцией от объемов потребления (считаем, что он равен здесь объемам производства) биотоплива. Затраты на снабжение привозным топливом, поставляемым по фиксированной цене, описываются линейной функцией от объемов потребления. Из рисунка видно, что приведенные затраты на топливоснабжение с энергетических плантаций меньше, чем затраты на топливоснабжение за счет привозного топлива при годовой потребности менее 13250 т у.т. При больших объемах потребления выгоднее привозное топливо. Это справедливо только в рамках строгой альтернативы: либо обеспечение биотопливом с энергетических плантаций, либо только привозным топливом.

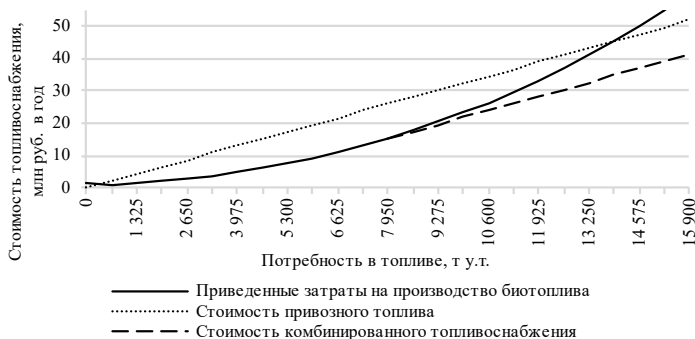


Рис. 3. Стоимость привозного топлива и приведенные затраты на производство биотоплива в зависимости от потребности в топливе

Из рисунка 3 видно, что первоначально при увеличении объема потребляемого топлива разница затрат на обеспечение привозным топливом и на тот же объем топлива с энергетических



плантаций увеличивается и достигает максимального значения при объеме потребляемого топлива в 7950 т у.т. в год. При дальнейшем росте объемов требуемого производства топлива с энергетической плантации эта разница начинает сокращаться. Естественно будет назвать указанный объем «оптимальным» для энергетической плантации, и его превышение нецелесообразно.

Данные рисунка также показывают, что энергетические плантации невыгодны при малых объемах производства на них топлива. Это объясняется наличием минимально необходимых для функционирования предприятия постоянных затрат, не зависящих от объемов производства. В нашем примере для маленького поселка с потребностью менее 250 т у.т. (поселок с числом жителей менее 200 чел.) создание энергетической плантации с содержанием штата сотрудников, технических средств, специальных сооружений для нее нецелесообразно.

**Выбор оптимального сочетания энергетических плантаций и привозного топлива.** Для решения данной задачи также может быть применима использованная модель. Логика выбора относительно проста: до тех объемов, пока предельные затраты на производство топлива на энергетических плантациях ниже цены альтернативного, целесообразно топливоснабжение только с энергетических плантаций, а когда предельные издержки станут равны цене альтернативного топлива – за счет привозного топлива («комбинированный» вариант топливоснабжения на рисунке 3: очевидно, что такая стратегия дает наименьшие суммарные затраты для обеспечения разных объемов потребности в топливе).

Объем производства топлива на энергетических плантациях, при котором предельные затраты равны цене альтернативного топлива, совпадает с указанным выше «оптимальным» объемом для данного значения цены альтернативного топлива. В рассматриваемом примере оптимальный объем производства биотоплива составляет, как отмечалось, 7950 т у.т. в год, а приведенные затраты на его производство – 15,3 млн руб. Если бы этот объем покрывался альтернативным топливом, то затраты составили бы 25,9 млн руб. в год. Разница в 10,4 млн руб. является максимальным эффектом от энергетической плантации при рассматриваемых условиях, в том числе при указанной цене привозного топлива.

Данные рисунка 4 показывают, что при увеличении цены привозного топлива возрастают объем, при котором выгоднее осуществлять топливоснабжение с энергетических плантаций, а также оптимальный масштаб использования энергетических плантаций. Например, при увеличении цены альтернативного топлива до 3500 руб./т у.т. (т.е. в 1,4 раза) максимальный рентабельный объем производства на плантациях увеличится до 22525 т у.т. (т.е. в 1,7 раза), а оптимальный объем производства – до 12587 т у.т. (в 1,6 раза). Максимальный эффект от энергетической плантации в таком случае будет равен 31,3 млн руб. в год (рост в три раза). Цена привозного топлива очень существенна для определения рациональных масштабов энергетических плантаций и их экономической эффективности.

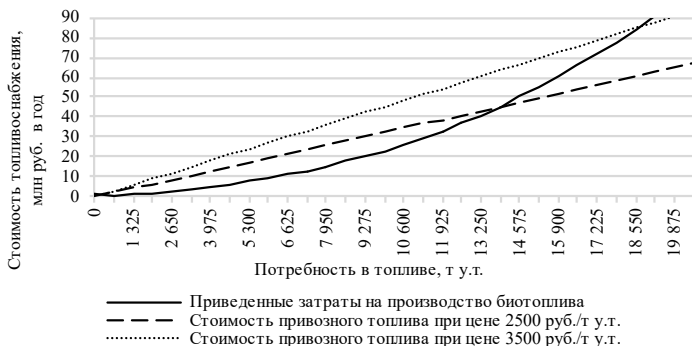


Рис. 4. Приведенные затраты на производство биотоплива и стоимость привозного топлива при разных его ценах в зависимости от потребности

**Влияние транспортного фактора.** Создание на практике идеальной плантации в виде круга не всегда возможно, например, из-за того, что часто населенные пункты расположены возле реки или недалеко от другого населенного пункта. То есть при тех же объемах производства топлива на энергетических плантациях дальность транспортировок может существенно увеличиться, что повышает объемы инвестиций в строительство дорог и автотранспорт.

Например, при потребности в топливе 7950 т у.т. с увеличением средней дальности грузоперевозок в два раза инвестиции в создание энергетической плантации могут возрасти с 20,5 до 97,1 млн руб. (в 4,7 раза), в строительство дорог – с 3,3

до 4,8 млн руб. (в 1,5 раза), на приобретение грузовых автомобилей – с 32,1 до 64,1 млн руб. (в два раза). Остальные виды капитальных затрат (в оборудование для рубки дров и посадки саженцев, тракторы, строительство складов и парников) зависят от площади энергетической плантации или объема выращенной древесины и остаются неизменными.

С ростом средней дальности грузоперевозок в два раза среднегодовые текущие затраты возрастают с 7,7 до 12,0 млн руб. в год (в 1,6 раза), из них на оплату труда – с 5,7 до 8,5 млн руб. (в 1,5 раза), приобретение горюче-смазочных материалов – с 1,9 до 3,4 млн руб. в год (в 1,8 раза).

С ростом средней дальности грузоперевозок приведенные затраты на производство биотоплива увеличиваются с 10,1 до 23,6 млн руб. в год (в 2,3 раза). То есть при повышении средней дальности перевозок экономический эффект сократится с 15,7 до 2,3 млн руб. в год (в 6,8 раза).

В этих расчетах не было учтено, что изменение затрат должно сопровождаться изменениями оптимальных объемов производства топлива на энергетических плантациях. При увеличении средней дальности грузоперевозок в два раза оптимальный объем производства биотоплива снизится с 7950 до 4600 т у.т. (в 1,7 раза). Экономический эффект при этом упадет только в 1,6 раза – с 10,4 до 6,54 млн руб. в год.

Представленные здесь результаты расчетов показывают, что топливоснабжение удаленных населенных пунктов на основе создания энергетических плантаций может быть вполне экономически рентабельным в районах Сибири.

### **Экологические преимущества: целесообразность использования для топливоснабжения туристско- рекреационной зоны оз. Байкал**

Энергетические плантации характеризуются значимыми экологическими достоинствами, которые вполне могут получить стоимостную оценку.

1. Использование ископаемых видов топлива приводит к выбросам и накоплениям в окружающей среде больших объемов вредных веществ, в том числе окиси углерода, серы, метана, окислов азота и др. Это ухудшает состояние атмосферы, условия

жизни людей и, по мнению многих ученых, способствует процессу глобального потепления. Леса, в том числе в виде энергетических плантаций, положительно воздействуют как на планетарный климат, так и на микроклимат региона их расположения. Энергетические плантации относятся к «безуглеродной» энергетике. Растения после сжигания выделяют столько же вредных веществ, сколько поглощают в процессе роста, реализуя замкнутый углеродный цикл.

2. Лесопосадки стабилизируют состояние почвы, предотвращают ее водную и ветровую эрозию, способствуют сохранению и наращиванию плодородия, улучшают естественные ландшафты.

3. Леса, в том числе с энергетических плантаций, обеспечивают чистоту воздушного бассейна, поглощают различные пылевые и газовые выбросы.

4. Леса выполняют рекреационные и эстетические функции. Это незаменимое место обитания многих видов растений и животных. Они играют огромную роль в процессах водообмена, накопления влаги, в улучшении состояний водных экосистем.

Экономические и экологические достоинства энергетических плантаций представляют особую ценность для степных и лесостепных регионов Сибири, расположенных в Забайкалье, Хакасии, в Кемеровской, Новосибирской, Омской областях, на Алтае. Очень актуально использование энергетических плантаций для топливоснабжения прибрежной зоны озера Байкал.

На Байкал ежегодно приезжают более 1 млн туристов и отдыхающих. Ожидается, что в ближайшей перспективе этот поток возрастет до 5 млн чел. Очень популярным становится зимний отдых на Байкале для жителей южных стран – Китая, Кореи, Японии. Но регион не готов к такому наплыву туристов. Не решены многие уже перезревшие организационные и экологические проблемы. До недавнего времени основными источниками энергообеспечения служили относительно дешевая гидроэлектроэнергия и дровяное отопление, поставляется леспромпхозами и местным населением, в том числе на базе «санитарных» вырубок, с гарей. Только в крупных поселках, где имеются специальные котельные, используется привозной уголь.

В настоящее время в Иркутской электроэнергетической системе завершился процесс отделения в самостоятельный департамент совокупности расположенных в регионе ГЭС.

До недавнего времени дешевизна гидроэлектроэнергии компенсировала нерентабельность работы ТЭЦ, входящих в иркутскую энергосистему, и обеспечивала поддержание низких тарифов на электроэнергию, которые для населения и сельской местности были примерно в три раза ниже, чем в соседних регионах.

В ближайшие годы следует ожидать значительного, примерно в три раза (до уровня сельских районов соседних областей и республик), возрастания платы за электроэнергию в прибрежных районах Иркутской области. Это сделает неэффективным использование в больших масштабах электроэнергии на нужды отопления.

Широкое применение угля в населенных пунктах, на турбазах и дачах на прилегающих к Байкалу территориях не только дорого из-за транспортировки на большие расстояния, но и нецелесообразно по экологическим соображениям. Озеро Байкал является участком Всемирного природного наследия ЮНЕСКО, где активно применяются запретительные меры на деятельность, наносящую ущерб окружающей среде. Дорогостоящая очистка от сажи, окислов серы и других вредных выбросов при сжигании угля на маломощных котельных и тем более в бытовых печах невозможна.

Существует несколько вариантов топливоснабжения прибрежной зоны озера Байкал. Один из них – подача природного газа из относительно близко расположенного крупного Ковыктинского газоконденсатного месторождения (Жигаловский район Иркутской области). Расстояние от него составляет примерно 300–400 км (в зависимости от того, как его измерить – по прямой или вдоль дорог). Поскольку газ является наиболее экологически чистым топливом, его использование на байкальском побережье особенно актуально. По данным геологов, имеются относительно мелкие месторождения газа в Качугском районе, расположенные ближе к побережью Байкала примерно на 100 км, и в Усть-Ордынском национальном округе, от которых ближе и проще осуществить газоснабжение Байкальской природной территории. Этих месторождений может быть вполне достаточно для покрытия относительно небольших даже в перспективе потребностей в топливе Ольхонского района и других территорий на побережье Байкала.

Но по каким-то непонятным причинам уже в течение нескольких десятилетий Ковыктинское месторождение не используется даже на местные нужды. Простаивают уже построенные котельные на газе и поселковые газопроводы в п. Жигалово и в п. Качуг.

В перспективе запланировано строительство газопроводов для подачи ковыктинского газа на север в экспортный газопровод «Сила Сибири». Возможно, газификация побережья Байкала была бы лучшим применением месторождения природного газа в Иркутской области, хотя и не столь масштабным проектом, как экспорт?

Вполне достойным для рассмотрения вариантом энергообеспечения турбаз, расположенных непосредственно на побережье Байкала, является использование тепловых насосов для нужд отопления в зимний период. В качестве теплоносителя в данном случае будет служить вода Байкала, имеющая постоянную температуру около 4°C. Удобство такого способа отопления состоит в том, что с понижением температуры наружного воздуха тепловые насосы будут выдавать больше теплоэнергии. В настоящее время на Байкале установлены три тепловых насоса. Два из них успешно работают в Байкальском музее в п. Листвянка, третий смонтирован в п. Выдрино, но его запретила использовать прокуратура из-за нерешенности вопроса о том, можно ли считать забор воды для охлаждения в тепловом насосе вредным воздействием на Байкал. В дальнейшем мы планируем проведение экономического анализа упомянутых (газификация, тепловые насосы) и других возможных вариантов и подвариантов энергообеспечения туристско-рекреационной зоны оз. Байкал.

Вместе с тем представляется, что пока древесина остается основным видом топлива для туристско-рекреационной зоны оз. Байкал, не решен лишь вопрос о масштабах ее использования. Костры, бани, приготовление шашлыков и другой еды на открытом огне – для всего этого требуется древесина. В какой-то мере потребности в этом виде топлива можно обеспечить за счет разумного использования лесных ресурсов прилегающих территорий, в том числе санитарных рубок. Безусловно, если они будут сопровождаться активными лесопосадками.

Основным источником дров в будущем, очевидно, должны стать специально создаваемые энергетические плантации. Особенно перспективны для энергетических плантаций именно районы, наиболее привлекательные для туризма – побережье Малого моря (о.Ольхон и Приольхонье, где расположена обширная Тажеранская степь), район Голоустного (территория, рассматривавшаяся для строительства так называемого «Байкал-сити», где имеются огромные пространства, вполне пригодные для энергетических плантаций).

Следует отметить, что в настоящее время активно пробуждается интерес у предпринимателей к созданию энергетических плантаций на байкальской территории, в том числе с использованием результатов разработок, представленных в данной статье.

Одним из препятствий в использовании энергетических плантаций для обеспечения топливом туристско-рекреационной зоны является, как это ни странно, природоохранное законодательство, ограничивающее производственную деятельность на Байкальской природной территории. Многое упирается и в несовершенство организационно-правовых аспектов деятельности на Байкале: вводить запреты оказалось проще, чем продумать рациональную систему управления процессом развития байкальской природной территории.

## Литература

*Губий Е.В., Зоркальцев В.И.* Оценка эффективности энергетических плантаций для теплоснабжения отдаленных населенных пунктов // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Иркутск, 24–28 апреля 2017 г. Иркутск: ИрННТУ, 2017. С. 100–105.

*Дементьева Е.* Опилки заменят мазут // Российская газета. Спецвыпуск. 2017. № 7374 (208). [Эл. ресурс]. URL: <https://rg.ru/2017/09/14/v-irkutskoj-oblasti-drevesnye-othody-pustiat-v-delo.html> (дата обращения 29.01.2018).

*Моор В., Чермных И., Белухин Н.* Швеция и возобновляемая энергетика. Информационно-аналитическое агентство «Деловые новости». 2017. [Эл. ресурс]. URL: <http://delonovosti.ru/analitika/3966-shveciya-i-vozobnovlyaemaya-energetika.html>. (дата обращения: 19.01.2018).

*Павличенко В.В., Протопопова М.В., Гамбург К.З., Байрамова Э.М., Рудых А.В., Войников В.К.* Генно-инженерный подход к созданию быстрорастущих форм древесных растений // Экосистемы озера Байкал и Восточной Азии. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием. 2014. С. 72–75.

*Панцхава Е.С.* Биоэнергетика в современном и будущем сельскохозяйственном производстве. Продовольственная безопасность. Гелиоэнергетика – новая научно-техническая революция XXI века. М.: РУСАЙНС, 2017. 306 с.

*Цибульская С.* Энергетическая верба как вариант для агробизнеса. Кейс Salix energy. Пропозиция. 2017. [Эл. ресурс]. URL: <http://propozitsiya.com/energeticheskaya-verba-kak-variant-dlya-agrobiznesa-keys-salix-energy> (дата обращения 29.01.2018).

Статья поступила 31.01.2018.

## Summary

*Gubiy E.V., Melentiev Energy Systems Institute, SB RAS, Zorkaltsev V.I., Irkutsk Scientific Center, SB RAS, Irkutsk*

### Efficiency of Power Plantations

The economic and environmental advantages of using power plantations for a fuel supply of the remote settlements are discussed. Particular attention has been given to the problem of fuel supply of the tourism and recreational zone of Lake Baikal. The results of a research based on economic-mathematical model of analysis and optimization of functioning of the power plantations for a fuel supply of the remote settlements are presented. Experimental studies have shown that the fuel supply of the remote settlements based on creation of the power plantations can be quite profitable even in the Siberian area at an available price situation. The problem of choosing the optimal combination of power plantations and imported fuel is discussed. The influence on the economic efficiency volume of demand of fuel, the prices of the import fuel, the transport factor which depend on the configuration and the required area of the energy plantation is considered.

*Biofuel; renewable energy sources; fuel supply; power plantations; Lake Baikal*

## References

Gubij, E.V. Zorkal'tsev V.I. (2017). Ocenka ehffektivnosti ehnergeticheskikh plantacij dlya teplosnabzheniya otdalennyh naselennyh punktov. Povyshenie ehffektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya ehnergii v usloviyah Sibiri: materialy Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, Irkutsk, 24–28 april 2017. Irkutsk, IrNITU. Pp. 100–105. (In Russ.).

Dement'eva E. (2017). Opilki zamenyat mazut. Rossijskaya gazeta. Specvypusk. № 7374 (208). Available at: <https://rg.ru/2017/09/14/v-irkutskoj-oblasti-drevesnyeh-otkody-pustiat-v-delo.html> (accessed: 29.01.2018). (In Russ.).

Moor V., Chermnyh I., Beluhin N. (2017). Shveciya i vozobnovlyaemaya ehnergetika. Informacionno-analiticheskoe agentstvo «Delovye novosti». Available at: <http://delonovosti.ru/analitika/3966-shveciya-i-vozobnovlyaemaya-energetika.html>. (accessed: 19.01.2018). (In Russ.).

Pavlichenko V.V., Protopopova M.V., Gamburg K.Z., Bajramova Eh.M., Rudyh A.V., Vojnikov V.K. (2014). Genno-inzhenernyj podhod k sozdaniyu bystrorastushchih form drevesnyh rastenij. Ehkosistemy ozera Bajkal i Vostochnoj Azii Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Pp. 72–75. (In Russ.).

Panckhava E.S. (2017). Bioehnergetika v sovremennom i budushchem sel'skohozyajstvennom proizvodstve. Prodovol'stvennaya bezopasnost'. Gelioehnergetika – novaya nauchno-tekhnicheskaya revolyuciya XXI veka. Moscow, RUSAJNS Publ. Pp. 306. (In Russ.).

Cibul'skaya S. (2017). Energeticheskaya verba kak variant dlya agrobiznesa. Kejs Salix energy. Propoziciya. Available at: <http://propozitsiya.com/energeticheskaya-verba-kak-variant-dlya-agrobiznesa-keys-salix-energy> (accessed: 29.01.2018). (In Russ.).