

УДК 620.92:579.66

## **Энергетические плантации биомассы – новые тенденции в лесоводстве и земледелии**

Шишпар С.Г.

Научный руководитель к. т. н, доцент Лосюк Ю.А.

Наблюдающаяся тенденция в мире – постепенное истощение ископаемых энергоресурсов, таких как нефть, газ, уголь, на которых в настоящее время базируется мировая энергетика, автомобильный, морской, железнодорожный транспорт и авиация, жилищно-коммунальное хозяйство и другие отрасли экономики, постепенно оказывает влияние на структуру лесоводства и земледелия.

Наряду с выращиванием технических и продовольственных культур начинают появляться энергетические, т.е. такие, которые могут быть использованы в качестве топлива либо для производства его различных видов: жидких и газообразных. Они объединяются единым термином – биомасса.

Рост продуктивности пахотных земель и возможность увеличения выхода биомассы в лесных угодьях при современных способах их возделывания с применением удобрений и искусственного полива позволяют многим странам выделять значительные территории для организации энергетических хозяйств. Для них можно использовать не только пашню, но и различные бросовые земли, не входившие в структуру пахотных.

От первых экспериментов в США с выращиванием быстрорастущих пород деревьев для энергетических целей в начале 80-х годов прошлого столетия многие страны переходят к систематическому культивированию подобных растений в значительных масштабах.

Крупнейший в мире производитель биотоплива – этанола Бразилия, выращивает исходное сырье – сахарный тростник на 5,5 млн. га и намерена расширить посевы еще до 8,1 млн. га [1]. Она может предоставить без ущерба обезлесивания порядка 58-148 млн. га земель для выращивания сахарного тростника и других растений, используемых для выработки энергии или производства топлива [2].

Кстати, на ее территории действует ТЭЦ мощностью до 30 МВт, топливом для которой служит древесина с плантации эвкалипта, занимающей 3000 га. Древесина измельчается, затем газифицируется, а генераторный газ сжигается в котельном агрегате.

Большая территория, до 27 млн. га в Индонезии может быть отведена под посадки масличной пальмы для извлечения масла и дальнейшей переработки в биодизельное топливо.

США имеют возможность выращивать энергетические культуры на площади 77 млн. га. Россия в конце XX века не использовала более 15 млн. га пахотных земель. Украина имеет потенциал в 27 млн. га для производства энергетической биомассы. Европейский Союз к 2000 году имел порядка 20 млн. га сельскохозяйственных площадей и 20 млн. га бросовых земель, на которых возможна организация энергетических хозяйств. Уже к 2003 году часть этих земель (7 млн. га) была занята посевами масличного рапса. В перспективе будут засеяны 12 млн. га [3].

Колумбия, подобно Бразилии, расширяет плантации сахарного тростника. Там на площади 150 000 га выращивается урожай, из которого ежегодно производится 730-912 тыс. м<sup>3</sup> этанола для транспортных целей [4].

В Швеции посадки ивы разбиты на 14000 га заболоченных земель [5]. Древесина убирается 1 раз в 2 года. Такая периодичность связана с тем, что после первого года ива

срезается на уровне земли и впоследствии начинает куститься, значительно увеличивая биомассу. Уборка производится комбайнами в зимнее время, когда болота замерзают. Предусмотрено функционирование плантации в течение 25 лет.

Есть примеры, когда вместо продовольственных культур выращивается энергетическая биомасса. Так, в некоторых фермерских хозяйствах Германии, имеющих пахотные земли в 2900 га, перестали выращивать квотируемую сельскохозяйственную продукцию и начали культивировать урожайную «слоновую» траву, которую затем продают для сжигания на ближайшей ТЭЦ.

В земле Гессен (Германия) в ближайшее время будут построены 5 биогазовых установок мощностью по 500 кВт каждая. Одна установка утилизирует ежегодно 10 тыс. тонн кукурузного силоса, который выращивается на площади 200 га. Всего на эти цели предлагается засеять 3600 га пустырных земель, и хозяева этой территории согласились поставлять сырье энергетикам [6].

Великобритания отвела 125 тыс. га для выращивания в течение 6 лет быстрорастущих пород ивы и тополя с последующей утилизацией в топках электростанций.

До 2 млн. га для выращивания биомассы отведет Украина к 2010 г. [7].

**Культуры энергетических плантаций.** Выращенная на энергетических плантациях биомасса представляет концентрированную солнечную энергию, которая может быть трансформирована в тепловую различными путями: при непосредственном сжигании в топках котельных агрегатов, путем дальнейшей конверсии в жидкое или газообразное топливо для генерирования электроэнергии или использования на транспорте. В соответствии с последующим использованием выбираются сорта растений.

Так, в качестве древесных пород используются быстрорастущий тополь, ива, сосна ладанная. Эти породы хорошо растут в умеренном климате. При подкормке удобрениями и регулярном поливе в период выращивания они способны дать 12-22 т/га сухой массы, т.е. в 4-5 раз больше, чем дают обычные леса. [8]

Еще большей урожайностью характеризуется камыш, который позволяет собирать до 40 т органики с гектара.

Для выработки биодизельного топлива с предварительной газификацией исходного продукта используется высокопродуктивная культура мискантус (*miscanthus*). Это многолетнее травянистое злаковое растение с четырехметровым стеблем. Растет в районах возделывания кукурузы и сои, но менее трудоемкое, чем они. Урожайность мискантуса в три раза превосходит урожайность других биодизельных культур. Немецкая фирма *Choren* связывает большие надежды с переработкой этого растения. Оно выращивается и в некоторых штатах США для непосредственного сжигания в котлах [9].

Для тропического климата больше подходит высокопродуктивный эвкалипт.

Вторую группу растений для энергетических плантаций составляют сахаро- и крахмалосодержащие. Этанол, получаемый из них путем аэробного сбраживания, широко используется в качестве 10-22% добавки к бензину для автомобилей. К этой группе в первую очередь можно отнести сахарный тростник. Из него получают основной продукт – сахар, а побочный – патока, содержащая до 45% сахара. Эта простая форма сахара легко ферментируется с помощью дрожжей в этанол. Операция дистилляции, по завершению которой содержание этанола достигает 95%, требует подвода теплоты. Для этой цели сжигается жом сахарного тростника. Он удешевляет конечный продукт – этанол.

Этанол из сахарной свеклы оказывается несколько дороже, чем из сахарного тростника. Причина в том, что переработка свеклы дает очень мало жома и на дистилляцию приходится расходовать традиционные энергоносители.

Сахарное сорго – это культура, которая имеет неполегающие стебли высотой до 2 м и содержит сахарозы в соке 18-22%, т.е. больше, чем в сахарной свекле (16-17%). Отличается высокой урожайностью – 30-50 т/га. Однако выращивается в значительно меньших масштабах.

Хорошо растет в средних широтах топинамбур (земляная груша). Урожайность зеленой массы составляет 80-100 т/га, а клубней 20-60 т/га. Клубни отличаются высоким содержанием углеводов, превышающее их количество в сахарной свекле и тростнике. Выход этанола из клубней в 1,5-2,5 раза больше, чем из сахарной свеклы.

Крахмалосодержащие корнеплоды (картофель) и зерновые (пшеница, кукуруза) состоят из более сложных молекул. Перед сбраживанием их необходимо подвергнуть дополнительной обработке с целью разбить карбогидраты сложных молекул до более простых сахаров. Углеродные связи в крахмале разрушаются ферментами солода или ферментами подходящих плесеней. Этот дополнительный процесс несколько удорожает технологию производства этанола [10].

Древесная целлюлоза также может перерабатываться в этанол при наличии предварительной подготовки. На этой стадии сырье должно измельчаться и подвергаться гидролизу при нагреве с помощью сильных кислот и щелочей.

Третья группа растений объединяет такие виды, плоды или семена которых содержат большое количество масла. Среди них – озимый рапс, содержащий в семенах до 40-44% масла. Его средняя урожайность составляет 2,5-3 т/га. На Северном Кавказе максимальная урожайность достигала 4,7 т/га.

На Филиппинах для энергетических целей используется кора кокосовых орехов, а в США и Южно-Африканской Республике – соевые бобы [11].

Среди перспективных культур, выращиваемых на энергетических плантациях можно выделить древесную – ятрофа (*Jatropha*). Она произрастает в относительно засушливых районах, ни малопригодных для сельского хозяйства землях. Плоды этого дерева несъедобны, отличаются большим содержанием масла.

В Мозамбике уже засажены первые плантации этих деревьев на площади 2200 га [12]. Под эту культуру в стране отведено 11 000 га. Масляные орехи *Jatropha* культивируют в некоторых тропических странах: Гане, Мали, Идонезии [13].

Бразилия также намерена выращивать ятрофу, чтобы в дальнейшем производить биодизельное топливо. Древесные плантации займут 48 000 га [14].

**Производство и потребление жидких моторных топлив.** Производство этанола из биомассы достаточно хорошо известно и налажено. Из сахаросодержащих растений 95% этанол получают ферментацией с помощью дрожжей и последующей дистилляцией. Крахмалосодержащие культуры подвергают предварительному гидролизу. Дальнейшая технология не отличается от обычного аэробного сбраживания.

Переработка древесной целлюлозы в этанол непрерывно совершенствуется. Так, швейцарские исследователи несколько лет назад разработали оригинальную технологию [11]. Биомасса подвергается обработке паром для расщепления целлюлозы, затем к ней добавляются грибки и дрожжи для ферментации на этанол. В процессе переработки отделяются волокна, из которых можно вырабатывать изоляционные или связующие материалы. Сепарируется «протеиновая паста», идущая на корм скоту.

Выход этанола из 1 т сухой субстанции составляет 150-200 л, а также получается 400 кг волокон и 200 кг «протеиновой пасты».

Самыми крупными производителями этанола для транспортных целей являются Бразилия и США. Бразилия использует смесь 20% этанола с бензином с 1975 г, а США

добавляют 10% этанола из кукурузы с 1980 г. Статистика производство за последние годы этанола в этих странах выглядит следующим образом (в млн. м<sup>3</sup>/год):

	2001	2002	2003	2004	2005	2010
Бразилия [2]	11,9	16,0				22,4
США [15]		7,92	10,6	12,87	16,65	

В странах Европейского Союза предпочтение отдается биодизельному топливу. По Биотопливной Директиве ЕС предусматривается к 2010 г. заменить биотопливом 5,75% всего потребляемого моторного топлива.

Одна из простейших технологий, разработанная в Республике Беларусь заключается в том, что рапсовое масло, полученное отжимом семян рапса, смешивается в соотношении 75:25 с дизельным топливом. Тем самым уменьшается исходная вязкость рапсового масла.

Более распространенная современная технология получения биодизельного топлива заключается в следующем. К рапсовому маслу добавляется метанол и щелочь. Эта смесь обрабатывается сложными эфирами в этерификационном реакторе. В результате получается метилэфирная кислота (бионефть) и нерафинированный глицерин.

Метилловый эфир промывают водой и сушат при температуре 60<sup>0</sup>С. Готовое дизельное топливо составляет 92% от обрабатываемой смеси. [8]

Республика Беларусь начинает понемногу накапливать опыт в организации биоэнергетических плантаций. В отдельных хозяйствах Гродненской, Витебской и Гомельской областей выращивается рапс с целью дальнейшего получения биодизельного топлива.

В нашей стране есть значительные резервы по расширению энергетических плантаций. Так, по недавно утвержденной Правительством республики Государственной программе «Торф» на 2008-2010 годы и на период до 2020 года предусматривается повторное заболачивание на 150 тыс. га выбывших из эксплуатации торфяных месторождений вместе с осушенными болотами для лесного хозяйства. Эти болотные территории можно было бы использовать для выращивания высокоурожайной ивы и камыша по примеру Швеции и Германии и получать ценный энергетический продукт биомассу.

Расчеты, сделанные еще до значительного подорожания импортируемых энергоносителей из России, подтверждают, что производство биотоплива на энергетических плантациях оказывается экономически целесообразным [16].

Приведенные факты показывают, что в различных странах мира принимаются серьезные меры, направленные на замену ископаемых энергоресурсов жидкими и газообразными видами топлива из биомассы. Для этих целей создаются энергетические плантации и разрабатываются технологии для конверсии биомассы.

#### Литература

1. Biofuelling Brasil. Grand Paul. Refocus 2006, May – June, с. 56,58 – 59.
2. Green or grey? Cameron A. Renewable Energy World. March – April 2007, №2.
3. Биодизельне паливо. Зел. енерг., 2003, №4, с. 9-11.
4. Old fuel for modern times. Domac J., Richards K., Segon V. Renewable Energy World . July - August , 2005, №4.
5. Bio-energy in Europe: changing technology choices Andre P. C. Faaij. Energy Policy, Vol. 34 February, 2006, с. 324.
6. Regeneratives Energiepotenzial verst ä kt nutzen. Fenchel Günter. ew: Elektrizit ä t swirt. 2007. №106, с. 65.

7. Виробництво біопалива в Україні – важливий напрям вирішення енергетичної проблеми и охорони довкілля. Кудрицька Н. В. Залізнич. трансп. України. 2007, №1, с. 36-39.
8. C. Y. Wereko-Brobby, E. B. Xagen. Biomass conversion and technology. London, 1996.
9. Leaders of the pask. Luxmore C. Renewable Energy World 2007.10, №5, с. 72-79.
10. Использование биотоплива в сельскохозяйственной энергетике. Огурлиев А.М., Огурлиева З.А. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2001, №2, с. 22-24.
11. Ökostrom aus Gras. Scheffen Wilhelm. Kommunalwirtschaft, 2001, №11, с. 689.
12. Mozambique to develop jatropa for biofuels. Renewable Energy World. May – June, 2007.
13. Energieban installiert Hybrid-Anloge in Tanzania. Sonne Wind und Wärme, 2006. 30, №10. С. 25.
14. Biodiesel plant takes shape. News Renewable Energy World. 2007. 10, №5, с. 20.
15. U.S. Department of Energy. Energy Efficiency and Renewable Energy Biomass Program. Ethanol.
16. Эффективное использование биомассы. Падалко Л. П., Гуляев В. Ф. Энергоэффективность, №1,2. с. 16-17, 14-15.