

# Биоэнергетические плантации ивы: опыт США для Беларуси

УДК 574:573:621.311

**Резюме.** Площади плантаций короткоциклового посадок древесных энергетических культур, таких как ива, тополь, эвкалипт, в США ежегодно расширяются. В северных регионах, наиболее близких Республике Беларусь по климатическим условиям, особый интерес вызывают посадки быстрорастущей ивы. Они используются также и в природоохранных целях – в качестве вегетативных фильтров для предотвращения загрязнения водоемов остатками удобрений и пестицидов, для противозерозионных мероприятий, рекультивации загрязненных земель, создания снегозадерживающих и ветроломных полос. Такой подход оправдывает выделение субсидий для землевладельцев и производителей энергии из биомассы ивы.

**Ключевые слова:** биоэнергетика, экономическая эффективность, быстрорастущая ива, период окупаемости.



**Олег Родкин,**

заведующий кафедрой экологии  
Белорусского национального технического  
университета,  
кандидат биологических наук, доцент;  
aleh.rodzkin@rambler.ru



**Тимоти Волк,**

содиректор Центра устойчивых  
и возобновляемых источников энергии  
Колледжа охраны окружающей среды  
и лесного хозяйства Государственного  
университета штата Нью-Йорк,  
PhD в области управления лесными  
и природными ресурсами, профессор;  
tavolk@esf.edu

**П**роблема обеспеченности энергетическими ресурсами – одна из наиболее значимых как в глобальном, так и в региональном масштабе. Растущие темпы добычи ископаемых источников энергии и ограниченность их запасов обуславливают необходимость внедрения альтернативной или нетрадиционной энергетики. Такой подход актуален для любой страны независимо от степени богатства собственными энергоносителями. В соответствии с прогнозом Мирового энергетического совета, в 2050 г. при росте потребления энергии на планете более

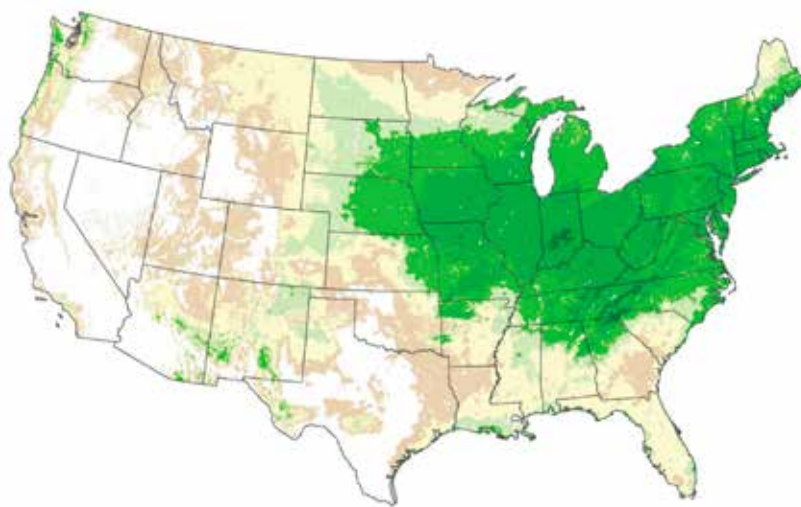
чем в 2 раза около 40% потребностей в ней будет удовлетворяться за счет возобновляемых источников, в том числе вклад биоэнергетики составит 32% [1].

Для производства энергии из биотоплива используется широкий спектр источников биомассы: отходы пищевой промышленности, деревообработки и сельскохозяйственных растений и др. [2]. В зарубежных публикациях приводится информация о том, что среди специальных энергетических культур наиболее низкая себестоимость единицы энергии получается из древесины быстрорастущих клонов ивы [3]. Эти растения гарантируют выход продукции уже через 3–4 года с начала закладки производственной плантации, что в 5–7 раз быстрее по сравнению с ольхой, елью или сосной, которые убираются на биомассу через 15–20 лет. В западной литературе существует специальный термин – SCR (short rotation coppice), то есть короткоцикловые посадки. Внедрение плантаций быстрорастущей ивы позволяет не только получать древесину, но и обеспечивать охрану водных и земельных ресурсов, рекультивировать территории, загрязненные тяжелыми металлами, радионуклидами, остатками органических соединений [4, 5]. Исследования, связанные с созданием короткоциклового плантаций ивы, проводятся в большинстве стран ЕС, в США,

Канаде и др. [6–8]. Площади таких коммерческих посадок составляют в Европе, главным образом в Швеции, свыше 20 тыс. га [9].

В Соединенных Штатах активные изыскания в данном направлении ведутся с 1986 г. Производство и потребление энергии с энергетических плантаций базируется на комплексном научном обосновании, с учетом факторов воздействия на окружающую среду и анализа экономической эффективности. Разработана и внедрена программа исследований по вопросам производства и рационального использования биомассы ивы. Она координируется Колледжем охраны окружающей среды и лесного хозяйства Государственного университета штата Нью-Йорк (SUNY-ESF) и объединяет усилия более 20 вузов США и Канады, государственных агентств и коммерческих организаций. Цель – развитие и внедрение посадок ивы в северных регионах США и южных регионах Канады, природные условия которых в наибольшей степени соответствуют эколого-биологическим требованиям этих растений. Плантации, заложенные в ряде регионов данной части континента, подтверждают потенциал ивы как источника энергетической биомассы – как в будущем, так и в настоящее время (рис. 1). По итогам испытаний на экспериментальных участках, урожайность культуры варьировала в пределах от 10 до 15 т сухой древесины в пересчете на год. На карте более темный цвет соответствует участкам с самой высокой потенциальной урожайностью.

В штате Нью-Йорк для эффективного внедрения плантаций быстрорастущей ивы в рамках проекта NEWBio создан консорциум, в состав которого кроме научных организаций входит государственное энергетическое Агентство штата, Департамент сельского хозяйства США, ряд частных компаний и фермерских хозяйств. Задача консорциума – организация и построение надежной, масштабной и устойчивой сети производства биомассы на северо-востоке Соединенных Штатов. Проектом заложено более 20 экспериментальных площадок и несколько тысяч гектаров ивы. Урожай, как правило, убирается с интервалом раз в три года, при этом без значительного снижения продуктивности культуры может быть получено не менее 7 урожаев после отрастания биомассы [10]. Данный подход подтверждается как теоретическими исследованиями, основанными на генетических особенностях культуры, так и практическими результатами. Таким



образом, срок эксплуатации коммерческих насаждений ивы превышает 20 лет, что значительно снижает себестоимость единицы энергии из биомассы.

Вопрос рентабельности, безусловно, является главным фактором для успешного внедрения подобных посадок в любой стране, в том числе и США. Один из существенных отрицательных аспектов, препятствующих расширению коммерческих плантаций, – резкое снижение цен на традиционные энергоносители за последние годы. К другим негативным факторам можно отнести высокую себестоимость закладки плантации (в США от 2,5 до 3 тыс. долл. в пересчете на гектар), медленный возврат первоначальных инвестиций (первый урожай, как правило, убирается на четвертый год), а также определенную непредсказуемость рынка биотоплива. Рентабельность производства биомассы ивы зависит от ее урожайности, себестоимости и рыночной цены, цены уборочной техники [11]. При сложившейся в штате Нью-Йорк за последние годы ситуации на рынке топлива, средней по региону урожайности коммерческих плантаций (около 12 т сухого вещества с гектара в год) и рыночной стоимости биомассы (60 долл. за тонну) она составляет около 5,5%.

Совершенствование системы организации и управления производством, рост урожайности культуры – тот потенциал, реализация которого позволит землевладельцам значительно улучшить экономические показатели. В фермерских хозяйствах, использующих передовую технологию возделывания и хороший посадочный материал, рентабельность получения биомассы ивы без дополнительных субсидий может достигать 10% [12]. В этом случае срок окупаемости плантации составит 3–4

Рис. 1. Карта перспективных регионов Северной Америки для коммерческих плантаций быстрорастущей ивы

Рис. 2.  
Уборка  
коммерческих  
плантаций ивы  
комбайном Case  
New Holland  
со сменным  
хедером 130 FB



периода уборки урожая, или 10–14 лет. Тем не менее он уступает окупаемости инвестиций при выращивании традиционных культур. Для поддержки производителей биомассы ивы существует ряд специальных программ, посредством субсидирования помогающих достичь рентабельности на уровне 20% и выше, с периодом окупаемости 1–2 урожая, или 4–8 лет.

В рамках этих инициатив образована инфраструктура, необходимая для внедрения масштабных коммерческих посадок ивы. Она включает создание маточных питомников и селекцию новых сортов, обеспечение спецтехники, научное сопровождение и финансовую поддержку из федеральных и региональных фондов (средства штата) и от частного бизнеса. Так, площади маточных плантаций ивы в штате Нью-Йорк превышают 60 га, что достаточно для снабжения землевладельцев посадочным материалом даже с учетом роста объемов энергетических посадок. Предусмотрено выделение средств на закладку полей (установочные гранты), ежегодные выплаты, льготное кредитование на начальном этапе – все это в соответствии с Программой сохранения ресурсов (CRP), ориентированной на создание плантаций природоохранного значения, и Программой поддержки получения биомассы из энергетических культур Департамента сельского хозяйства США (BCAP), разработанной с целью расширения производства и закупок биотоплива у существующих и потенциальных производителей.

Установочные гранты выделяются в размере 50, 75 или 100% затрат, которые несет собственник земли при закладке плантации до снятия первого урожая. Льготные кредиты под 2–4% годовых рассчитаны на 10-летний период. Кроме того, предусмотрены выплаты

компаниям, использующим биомассу.

Конкретные схемы и суммы субсидирования зависят от ряда условий. Для сравнения: среднее для штата Нью-Йорк первоначальное инвестирование, необходимое для закладки энергетической плантации ивы, составляет 3097 долл. на гектар, включая финансы собственно для посадки плантации (2709 долл. на гектар), стоимость аренды земли (340 долл. на гектар) и административные расходы (48 долл. на гектар). Тем не менее программа финансирования обеспечивает прибыльность энергетических посадок ивы даже при не самой высокой урожайности, что, безусловно, способствует ежегодному росту площадей под этой культурой. Эффективность инвестиций регулярно анализируется (готовятся соответствующие отчеты), что позволяет своевременно вносить нужные коррективы.

Следует отметить, что плантации ивы в регионе служат не только источником биотоплива, но и используются в различных программах, связанных с защитой окружающей среды. Так, один из крупнейших инвестиционных проектов реализуется для снижения экологической нагрузки и реабилитации озера Онондага (площадь зеркала более 7 км<sup>2</sup>), расположенного вблизи Сиракуз, штат Нью-Йорк. Его берега с водосбором более 420 км<sup>2</sup> (для сравнения: водосбор озера Нарочь составляет 279 км<sup>2</sup>) на протяжении десятков лет были полигоном для складирования отходов предприятия по выпуску соды [13]. Продукты разложения отходов годами просачивались в грунтовые воды и смывались поверхностным стоком, загрязняя озеро. Проектом по его оздоровлению среди прочих мер была предусмотрена закладка плантаций ивы, состоящих из видов, устойчивых к засолению. Благодаря этому в течение 5 лет удалось значительно улучшить экологическое состояние озера, и в настоящее время оно уже пригодно для рыбной ловли и рекреации. Тем не менее работы по реабилитации водоема продолжаются. В числе других экологических мероприятий с использованием посадок ивы в штате Нью-Йорк – создание ветроломных, противозерозионных и снегозащитных полос; предотвращение стока минеральных удобрений и гербицидов с сельхозугодий; очистка промышленных стоков; облесение полигонов бытовых и промышленных отходов и др.

Таким образом, процесс производства энергии из биомассы ивы объединяет в непрерывную цепь производителей, непосредственно

финансово заинтересованных в конечном результате: инвесторов, землевладельцев или арендаторов земли, транспортные и энергетические компании. Залог успешной деятельности и развития всей цепочки, безусловно, обеспечивается научным и технологическим сопровождением. За время реализации программы получены десятки новых сортов (клонов) ивы, адаптированных к различным условиям. Постоянно совершенствуется техническое оснащение. Так, на плантациях прошли испытания уборочные комбайны, лучшие из которых рекомендованы производителю (рис. 2).

Влажность биомассы ивы в зависимости от сроков уборки составляет 40–50%, что превышает оптимальную для получения энергии на тепловых станциях величину. Поэтому особое значение приобретает послеуборочная доработка. Поскольку использование традиционных энергоносителей для сушки биомассы значительно увеличивает себестоимость производства энергии, доработка измельченной ивы естественным путем достигается за счет оптимизации условий хранения, логистики транспортировки, оценки и корректировки цикла получения энергии, совместного сжигания с другими видами биотоплива. Экономические расчеты показали, что затраты на этапах уборки и транспортировки превышают 30% от всей себестоимости биомассы ивы – начиная от посадки и заканчивая доставкой на энергетическую станцию. Оптимизации и снижения этих затрат удастся добиться посредством компетентного анализа и подбора техники и прицепного оборудования для транспортировки, разработки логистики маршрутов следования, времени и условий погрузки и выгрузки

биомассы и т.д. Для проведения исследований в данном направлении используются современные средства: GPS-навигация, беспилотные летательные аппараты, беспроводные коммуникации и др. Основой для дальнейшего совершенствования процессов уборки и транспортировки является созданная в течение ряда лет база данных.

Измельченная биомасса ивы по своим характеристикам близка к щепе, образующейся из остатков древесины леса, и может быть интегрирована в единую цепь снабжения для энергетических компаний (рис. 3). Это помогает снизить себестоимость получения энергии и уменьшить потери щепы ивы во время хранения. Таким образом, биомасса ивы – существенное дополнение к остальным источникам сырья, позволяющее эффективно распределять график поступления биотоплива, необходимого для работы энергетической станции на полную загрузку на протяжении года. Следует отметить, что если в северных штатах США (Нью-Йорк, Миннесота, Пенсильвания) наиболее масштабны плантации ивы, то в южных (Флорида, Северная и Южная Каролина) ежегодно расширяются площади посадок других быстрорастущих деревьев, в первую очередь тополя и эвкалипта [14].

Природные условия Беларуси достаточно близки северным регионам Соединенных Штатов, что позволяет рассматривать именно иву как перспективную культуру для создания коммерческих энергетических плантаций в республике. По итогам исследований, проведенных в различных агроклиматических зонах (Гродненская, Могилевская, Минская и Брестская области), урожайность ивы



Рис. 3. Использование щепы ивы на энергетической станции Lyonsday, штат Нью-Йорк

в Беларуси составила 9–12 т сухой древесины в пересчете на год, что соответствует показателям, достигнутым в США или Швеции [15]. Получены первые сорта ивы белорусско-сербской селекции, по хозяйственно полезным признакам превосходящие западные [16]. В 2013 г. они включены в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь. Разработана адаптивная к местным условиям технология возделывания ивы, в том числе на выработанных торфяниках и деградированных торфяных почвах. Проведены исследования и созданы модели для производства на загрязненных <sup>137</sup>Cs территориях древесины ивы [17], которую можно использовать на биотопливо согласно Республиканским допустимым уровням содержания цезия-137 в древесине и прочей непищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001). Полученные результаты могут стать базой для оценки перспектив

коммерческих плантаций ивы в Беларуси. Для их масштабного внедрения, особенно на начальном этапе, необходима финансовая и научно-технологическая поддержка производителей, логистика которой может быть частично заимствована из опыта создания энергетических посадок ивы в США.

Таким образом, короткоцикловые плантации древесных культур – перспективный источник возобновляемого биотоплива в различных регионах мира, а подбор конкретных культур зависит от природных условий и целевого использования. Посадки ивы эффективны для экологического менеджмента территорий, в частности в рамках крупных инвестиционных проектов, а рентабельность получения древесины при условии соблюдения технологии возделывания может достигать 10%. ■

Статья поступила в редакцию 13.01.2017 г.

#### SUMMARY

The area planted to short rotation coppice trees like willow, poplar, and eucalypt in USA increased recently. The northern USA has climate conditions similar to the Republic of Belarus, and is the region where the largest plantings of willow for energy production and environmental protection have occurred. Willow biomass is a low-maintenance crop that stimulates rural economies and enhances the local environment in several ways: by reducing fertilizers and chemicals runoff into streams, ponds and waterways; preventing erosion and stabilizing stream banks; cleaning up and restoring former industrial sites; preventing blowing snow on roadways. The environmental benefits associated with willow it is one of the reasons for subsidizing the planting of willow plantations. The main programs supporting willow planting in the USA include combinations of matching payments for planting and/or an annual land rental cost through the Conservation Reserve Program (CRP) and the Biomass Crop Assistance Program of US Department of Agriculture (BCAP). Both programs use a range of incentive approaches to promote the establishment of willow biomass crops and support of farmers and landowners. It is now possible to achieve internal rate of return (IRR) up to 10 percent, with a payback period of three to four harvests (10 to 14 years after planting) with improved cropping systems and no incentive programs. If incentive programs, such as USDA BCAP, are available to establish and grow willow, returns may be 20 percent or greater with a payback as short as one or two harvests (four to eight years).

SEE [http://innosfera.by/2017/11/economic\\_efficiency](http://innosfera.by/2017/11/economic_efficiency)

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Energy for Sustainable Development // UNDP. – New York, 2002.
2. Биоэнергетика: учебное пособие / С.Н. Кузьмин, В.И. Ляшков, Ю.С. Кузьмина. – Тамбов, 2011.
3. Energy Crop Production Costs in the EU / H. Rosenqvist, L.J. Nilsson // RENEW Renewable fuels for advanced powertrains. Lund University, 2006.
4. Hammer D. Phytoextraction of Cd and Zn with *Salix viminalis* in field trials / D. Hammer, A. Kayser, C. Keller // Soil Use & Management. 2003. Vol. 19(3). P. 187–192.
5. Phytoremediation prospects of willow stands on contaminated sediment: a field trial / P. Vervaeke [et al.] // Environmental Pollution. 2003. Vol. 126(2). P. 275–282.
6. A review of past and current research on short rotation coppice in Ireland and abroad / J. Wickham [et al.] / Report. COFORD and Sustainable Energy Authority of Ireland, 2010.
7. An agro-economic analysis of willow cultivation in Poland / K. Ericsson [et al.] // Biomass and Bioenergy. 2006. N30. P. 16–27.
8. Volk T.A., Luzadis V.A. Willow biomass production for bioenergy, biofuels and bioproducts in New York, chapter 11. Solomon and Luzadis (eds). In: Renewable energy from forest resources in the United States. London, 2009. P. 238–260.
9. Dimitriou J. Willows for energy and phytoremediation in Sweden / J. Dimitriou, P. Aronsson // Unasylva. 2005. Vol. 56. P. 47–50.
10. Sleight N.J. Recently bred willow (*Salix* spp.). Biomass crops show stable yield trends over three rotations at two sites / N.J. Sleight, T. Volk // Bioenerg. Res. (New-York). 2016, N9(3). P. 782–797.
11. Buchholz T., Volk T. Profitability of Willow Biomass Crops Affected by Incentive Programs // Bioenerg. Res. 2013. P. 653–664.
12. SHRUB WILLOW Renewable Energy Environmental Benefits. Opportunities for rural development / ESF // www.esf.edu/willow.
13. Kuzovkina Y., Volk T. The characterization of willow (*Salix* L.) varieties for use in ecological engineering applications: Coordination of structure, function and autecology // Ecological Engineering. 2009, N35. P. 1178–1189.
14. Bioenergy Use and New Feedstock Developments in the US / Lund // [https://ag.tennessee.edu/woodycrops/Documents/Publications/LundPresentation\\_final.pdf](https://ag.tennessee.edu/woodycrops/Documents/Publications/LundPresentation_final.pdf).
15. Родькин О.И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты. – Минск, 2011.
16. Родькин О.И. Селекция новых сортов быстрорастущей ивы / О.И. Родькин, Б. Крстич, С. Орлович // Наука и инновации. 2015, №3 (145). С. 69–72.
17. Willow wood production on radionuclide polluted areas / A. Rodzkin, V. Ivanykovich, S. Pronko, E. Kresova // Proc. Natural Science (Matica Sprska, Novi Sad). 2010, N119. P. 105–113.