

---

---

# ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

---

## INDUSTRIAL AND AGRICULTURAL ECOLOGY

---

---

УДК 57:331

### ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА ЩЕПЫ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ИВЫ БЕЛОЙ (*SALIX ALBA*)

А. А. БУТЬКО<sup>1)</sup>, В. А. ПАШИНСКИЙ<sup>1)</sup>, О. И. РОДЬКИН<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Белорусский государственный университет,  
Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,  
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь  
<sup>2)</sup>Белорусский национальный технический университет,  
пр. Независимости, 67, 220013, г. Минск, Беларусь

Представлены результаты технико-экономической оценки производства щепы при адаптивном возделывании древесно-кустарниковой породы с коротким периодом роста – клона *Волмянка* ивы белой (*Salix alba*).

Полная себестоимость производства щепы составляет 6,57–7,64 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>. При планируемой рентабельности 0 % простой срок окупаемости требуемых инвестиций составит 12–15 лет, отпускная цена производителя составит 7,89–9,17 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, среднегодовая чистая прибыль 105,0–108,3 бел. руб/га, внутренняя норма доходности 23,5–24,0 %, рентабельность инвестиций 796,9–822,2 %. С учетом вариации планируемой рентабельности от 9,1 до 115,1 % простой срок окупаемости требуемых инвестиций варьирует от 3 до 9 лет, отпускная цена

---

#### Образец цитирования:

Буцько А. А., Пашинский В. А., Родькин О. И. Техничко-экономічныя аспекты вытворства шчэпы пры возделыванні івы белай (*Salix alba*) // Журн. Беларус. гос. ун-та. Экалогія. 2017. № 1. С. 91–100.

#### For citation:

Butsko A. A., Pashynski V. A., Rodzkin A. I. Technical and economic aspects of the production of chips during the cultivation of willow white (*Salix alba*). *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2017. No. 1. P. 92–100 (in Russ.).

---

#### Авторы:

**Андрей Анатольевич Буцько** – старший преподаватель кафедры энергоэффективных технологий.

**Василий Антонович Пашинский** – кандидат технических наук, доцент; заведующий кафедрой энергоэффективных технологий.

**Олег Иванович Родькин** – кандидат биологических наук, доцент; заведующий кафедрой экологии.

#### Authors:

**Andrei A. Butsko**, senior lecturer of the chair of energy efficient technologies.

*butko\_andrei@mail.ru*

**Vasil A. Pashynski**, PhD (engineering), associate professor; head of the chair of energy efficient technologies.

*pashynski@mail.ru*

**Aleh I. Rodzkin**, PhD (biological), associate professor; head of the chair of ecology.

*aleh.rodzkin@rambler.ru*

производителя составит 8,48–17,97 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, среднегодовая чистая прибыль 157,99–709,1 бел. руб/га, внутренняя норма доходности 30,6–82,0 %, рентабельность инвестиций 1196,3–5383,3 %.

При ставке дисконтирования 17–21 % чистая приведенная стоимость капиталовложений варьирует от 286 до 509 бел. руб/га, которая соответствует варианту (доходы +10 %; расходы –10 %). Для варианта (доходы +5 %; расходы –5 %) чистая приведенная стоимость варьирует от 78 до 242 бел. руб/га. При базовом варианте, а также вариантах (доходы –5 %; расходы +5 %) и (доходы –10 %; расходы +10 %) чистая приведенная стоимость капиталовложений принимает отрицательные значения.

**Ключевые слова:** быстрорастущие древесно-кустарниковые породы; ива *Salix alba*; клон *Волмянка*; технологическая карта; структура затрат; производственная себестоимость; рентабельность инвестиций; среднегодовая чистая прибыль; внутренняя норма доходности; чистая приведенная стоимость; срок окупаемости.

## TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF THE PRODUCTION OF CHIPS DURING THE CULTIVATION OF WILLOW WHITE (*SALIX ALBA*)

A. BUTSKO<sup>a</sup>, V. PASHYNSKI<sup>a</sup>, A. RODZKIN<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Belarusian State University, International Sakharov Environmental Institute  
Dolgobrodskaya street, 23/1, 220070, Minsk, Belarus

<sup>b</sup>Belarusian National Technical University,  
Nezavisimosti avenue, 67, 220013, Minsk, Belarus

Corresponding author: pashynski@mail.ru

The article presents the results of the technical and economic assessment of the production of woodchips in the adaptive cultivation of tree and shrub species with a short growth period – the Clone Wolmianka willow white (*Salix alba*).

The total cost of production of wood chips is 6,57–7,64 Belarusian rubles / us.m<sup>3</sup>. With a planned profitability of 0 %, the simple payback period of the required investments will be 12–15 years, the manufacturer's selling price will be 7,89–9,17 Belarusian rubles / us. m<sup>3</sup>, the average annual net profit of 105,0–108,3 BYR / ha, Internal rate of return 23,5–24,0 %, return on investment 796,9–822,2 %. Taking into account the variation of the planned profitability from 9,1 to 115,1 %, the simple payback period of the required investments varies from 3 to 9 years, the manufacturer's selling price will be 8,48–17,97 Belarusian rubles / us. m<sup>3</sup>, the average annual net profit 157,99–709,1 bel. rub./ha, the internal rate of return is 30,6–82,0 %, the return on investment is 1196,3–5383,3 %.

With a discount rate of 17–21 %, the net present value of capital investment varies from 286 to 509 Belarusian rubles / ha, which corresponds to the option (revenues +10 %, costs –10 %). For the option (incomes +5 %, costs –5 %), the net present value varies from 78 to 242 BYR / ha. In the basic version, as well as variants (incomes –5 %, expenses +5 %) and (income –10 %, expenses +10 %), the net present value of capital investments assumes negative values.

**Key words:** Fast-growing tree and shrub species; willow; *Salix alba*; clone *Volmyanka*; technological map; cost structure; production cost; return on investment; average annual net profit; internal rate of return; net present value; payback period.

### Введение

В Беларуси в настоящее время, как и во всем мире, использование сельскохозяйственных угодий для производства биомассы на энергетические цели имеет неуклонную тенденцию к росту, о чем свидетельствует существенное расширение площадей как на европейском, так и национальном уровнях [1].

Так, согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 28 марта 2016 г. № 248 об утверждении Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 гг., в республике среди местных ТЭР основной упор сделан на расширение использования древесного топлива [2]. Одним из направлений использования древесного топлива является производство и использование быстрорастущей древесины. Кроме того, быстрорастущие древесно-кустарниковые посадки могут быть востребованы при фиторемедиации почв, защиты почв от водной и ветровой эрозии, утилизация биогенных элементов, при сохранении биологического разнообразия и др.

В странах Европейского союза (ЕС) плантации быстрорастущих древесно-кустарниковых пород занимают около 70 тыс. га, среди которых ведущее место принадлежит Швеции (~ 15 тыс. га), Дании, Польше, Венгрии, Италии (~ 7 тыс. га на каждую страну) и Германии (~ 6 тыс. га). Так, только в Германии ожидается, что при реализации программы OPTFUEL к 2020 г. суммарная площадь плантаций возрастет до 450 тыс. га [3], в Великобритании до 350 тыс. га, а Швеции до 30 тыс. га. Вместе с тем время наблюдается увеличение площадей в Хорватии, Литве, Латвии, Франции, Чехии, Греции и Македонии [4].

Для эффективного возделывания плантаций древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста в условиях Беларуси необходимо решение целого ряда задач экономической и экологической направленности.

## Материалы и методы исследования

Полевые эксперименты выполнены на заложенных плантациях Могилевской, Минской, Гродненской и Брестской областей.

Сбор данных проводился в соответствии со стандартными общепринятыми методиками. Статистическая обработка результатов исследования выполнена с помощью статистического пакета STATISTICA v.10.

По действующим организационно-технологическим нормативам по планированию работ в сельскохозяйственном производстве и собственных исследований разработаны технологические карты возделывания, в основе которых лежит базовая технологическая карта [5–8].

Базовая технологическая карта состоит из V технологических этапов: I. Основная обработка почвы, внесение гербицидов сплошного действия, внесение минеральных удобрений. II. Предпосадочная обработка, посадка, внесение минеральных удобрений. III. Уход за посадкой. IV. Уборка древесины. V. Ликвидация плантации, включающая ряд технологических операций [9]. Она базируется на следующих звеньях системы земледелия:

1. Требования к почвам. Для возделывания ивы белой наиболее пригодны дерново-подзолистые, дерново-глебоватые, суглинистые, супесчаные, подстилаемые моренным суглинком, а также деградированные низинные торфяники с устойчивой по годам в течение вегетационного периода влагообеспеченностью. Непригодными для возделывания являются песчаные почвы с низкой и неустойчивой влагообеспеченностью, а также тяжелые глинистые почвы. Оптимальные значения pH почвы в диапазоне 5,5–7,5. Почвы с кислотностью pH ниже 5,5 необходимо предварительно известковать. Обеспеченность гумусом – не менее 1,4 %. По содержанию подвижных элементов фосфора и калия допускается использовать почвы с низкой и средней обеспеченностью.

2. Выбор поля. Закладку плантаций ивы белой следует размещать на выводящих полях севооборота, полях выродившихся природных и окультуренных сенокосов и пастбищ. Уклон поля не должен превышать 13 %.

3. Обработка почвы. Система обработки почвы включает основную и предпосевную. После уборки зернового предшественника на легких и средних почвах проводят лущение стерни на глубину 5–7 см, на суглинистых почвах – дискование тяжелыми боронами (БДТ-10 и др.). После лущения через 2–3 недели проводят вспашку на глубину пахотного слоя. При закладке плантации после многолетних трав и на старовозрастных луговых угодьях в начале осени применяются глифосатсодержащие гербициды сплошного действия (3–6 л/га), далее проводят многократную обработку дернины дисковыми боронами, фрезами или чизельными культиваторами. Если существует необходимость, то внесение гербицида сплошного действия можно повторить за 10 дней до вспашки. Вспашка осуществляется на глубину 20–22 см. После вспашки выполняется культивация с боронованием (КПС-9 и др.). На чистых от сорняков почвах проводят только чизелевание в два следа: 1-й на глубину 10–12 см, 2-й – на глубину пахотного слоя культиватором поперек или по диагонали первого прохода культиватора. Комплексную предпосадочную обработку почвы выполняют весной комбинированным почвообрабатывающим агрегатом на глубину 10–12 см (АКШ-7,2 и др.).

4. Выбор сорта. Для посадки следует использовать сорта ивы белой (*Salix alba*), внесенные в Государственный реестр сортов и древесно-кустарниковых пород Республики Беларусь: Волмянка (378), Бачка (282), Дрина (73–64/8), а также другие высокоурожайные, с высоким потенциалом адаптивности к почвенно-климатическим условиям региона возделывания виды и сорта, которые прошли конкурсное испытание в научно-исследовательских учреждениях.

5. Подготовка посадочного материала. Заготовка посадочного материала осуществляется с декабря по апрель. Подготовка посадочного материала для механизированной посадки черенков связана с заготовкой секатором прутьев ивы диаметром до 2 см с отбором прута по качеству и диаметру; сортировкой ивовых прутьев по длине 1,5–2,5 м и диаметру; увязка в пучки и укладка пучков. При посадке вручную – нарезкой секатором черенков ивы длиной от 20 до 25 см из заготовленного прута, подсчет и увязывание в пучки.

6. Система удобрений. В среднем на формирование 8–10 т абсолютно сухой биомассы ивы за один трехлетний цикл требуется 150–400 кг азота, 24–48 кг фосфора и 180–250 кг калия. Под культивацию после уборки биомассы вносятся полные дозы минеральных удобрений  $N_{50}P_{30}K_{60}$  с помощью РУ-3000, РУ-7000 и др. Расчет норм минеральных удобрений проводят с учетом почвенного плодородия и планируемой урожайности.

7. Посадка. Посадка черенков выполняется ранней весной во влажную подготовленную почву. В поздние сроки и в пересохшую почву посадка не допускается. Черенковые саженцы высаживаются в почву на глубину 15–22 см под углом 10–15° с сохранением надземной части 3–4 см. Приживаемость высаженных черенков составляет 90–94 %. Густота посадки на 1 га в пределах 15–18 тыс. черенков. Схема посадки: ширина междурядий – 70 см; расстояние между черенками в ряду – 50–60 см; ширина между двойными рядами – 1,4 м. Посадка осуществляется вручную или механизированно. Механизированная

посадка черенков осуществляется сажалкой (Modular Step 2-2A, Modular Step 2-4A, Modular Step 2-6A, Planter 2-rows STEP, Planter 4-rows STEP и др.). Ручным способом посадка выполняется под меч Колесова.

8. Уход за посадками. После посадки или уборки урожая при появлении побегов ивы и четкого обозначения ее рядков, а также появления всходов сорняков проводится рыхление междурядий и борьба с сорняками с помощью культиваторов (ОКГ-4, ORTOLAN BC 250, ORTOLAN HC 250 и др.). Использование культиваторов допускается при высоте побегов ивы до 60 см. При необходимости для борьбы с сорняками посадка ивы (до 1 м высотой) обрабатывается гербицидами селективного действия (лонтрел 300 и др.). На второй и третий год после посадки рыхление междурядий не проводят. При обнаружении повреждения растений болезнями и насекомыми проводят защитные мероприятия, ограничивающие возможность распространения болезней и вредителей.

9. Уборка урожая. Уборка биомассы древесины осуществляется механизированным способом при помощи силосоуборочного комбайна (Claas Jaguar 830-900 с жаткой HS2), уборочной машиной (JF Energy Harvester, Bender и др.) или уборочной системой рулонного прессования (Biobaler WB-55, New Holland BR740). Высота скашивания не должна превышать 10–15 см от земли. При соблюдении требований к выполнению технологических операций возделывания ивы в среднем обеспечивается урожайность биомассы 17,7 т/га абсолютно сухого вещества, варьируя от 9,7 до 30 т/га.

10. Ликвидация плантации. После уборки урожая выполняется плантажная вспашка (FS.1/95. и др.) с последующим сбором корней по раскорчеванной площади и их сжиганием. На очищенной площади проводят дискование (БДН-3.0 и др.).

В течение эксплуатации плантации в пределах 21 года выполняется циклическое повторение ряда технологических этапов: технологический этап I, II, V выполняется 1 раз; технологический этап III – 7 раз; технологический этап IV – 6 раз. Необходимо отметить, что время эксплуатации не лимитируется 21 годом, а может варьировать от 19 до 25 лет при 6–8 трехлетних циклах, оканчивающихся уборкой древесины.

По разработанной технологической карте определена производственная себестоимость по каждой технологической операции и в целом по технологическому этапу. Производственная себестоимость включает прямые и косвенные расходы. К прямым расходам относят: затраты на амортизацию основных средств; затраты на технический осмотр и ремонт основных средств, материальные затраты, затраты на оплату труда, отчисления на социальные нужды. Косвенные расходы включают общепроизводственные и общехозяйственные затраты.

Затраты на амортизацию основных средств, а также на технический осмотр и ремонт основных средств определены способом списания стоимости пропорционально объему работ. Материальные затраты включают издержки на предметы труда, на оплату работ и услуг производственного характера: посадочный материал, удобрения, горюче-смазочные материалы, запчасти, средства защиты растений и др. Затраты на оплату труда определены из расходов на оплату труда основного производственного персонала организации, включая премии рабочим и служащим за производственные результаты, стимулирующие и компенсирующие выплаты. Затраты, связанные с отчислениями на социальные нужды, определены на основании обязательных страховых взносов по установленным законодательством нормам в государственный внебюджетный фонд социальной защиты населения Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь. Общепроизводственные и общехозяйственные затраты определены на основании удельных средневзвешенных показателей затрат по отрасли.

### Результаты исследования и их обсуждение

Производственная себестоимость первого технологического этапа, связанного с основной обработкой почвы, внесением гербицидов сплошного действия, внесением минеральных удобрений в базовом варианте, составляет 255,4 бел. руб/га. Это – подвоз воды для приготовления раствора гербицида сплошного действия (Беларус-80.1+РЖТ-5) – 1,7 %; приготовление раствора и внесение гербицидов сплошного действия (Беларус-82.1+Мекосан-2500-24) – 36,2 %; смешивание минеральных удобрений с погрузкой в разбрасыватель – 10,2 %; транспортировка и внесение фосфорных и калийных удобрений (Беларус-1212+РУ-7000) – 36,2 %; вспашка отвальная (Беларус-2522ДВ+ППО-8-40) – 15,7 %.

При необходимости лущения стерни (Беларус-3022ДЦ.1+АПД-6) и культивации с боронованием (Беларус-3022ДЦ.1+КПС-9) производственная себестоимость возрастет на 26,5 и 21,0 бел. руб/га соответственно.

Производственная себестоимость второго технологического этапа, связанного с предпосадочной обработкой почвы, внесением минеральных удобрений в базовом варианте, составляет 83,0 бел. руб/га. Это – погрузка азотных удобрений (Беларус-80.1+ПКУ-0,8А) – 2,7 %; транспортировка и внесение азотных удобрений (Беларус-80.1+РУ-7000) – 43,6 %; предпосадочная обработка почвы (Беларус-1221+АКШ-7,2) – 38,9 %; заготовка черенков на маточных плантациях (вручную) – 8,8 %; погрузка, подвоз и выгрузка посадочного материала (Беларус-80.1+2ПТС-4,5) – 6,0 %.

В зависимости от средств механизации производственная себестоимость посадки посадочного материала варьирует в широких пределах, изменяясь от 231,2 до 1058,5 бел. руб./га. Так, для четырехрядной посадочной машины – 342,8 бел. руб./га (Беларус-1523+Egedal Energy Planter 4 rows) и 645,0 бел. руб./га (Беларус-1523+Modular Step 2-4A), для двухрядной посадочной машины 377,6 бел. руб./га (Беларус-1221.1+Egedal Energy Planter 2 rows) и 795,7 бел. руб./га (Беларус-1221.1+Modular Step 2-2A). Производственная себестоимость посадки посадочного материала двух- и четырехрядной посадочной машинами представлена на рис. 1.

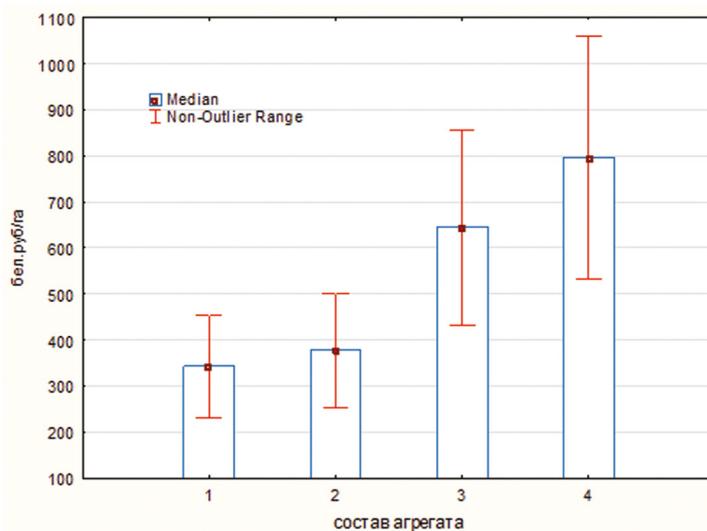


Рис. 1. Производственная себестоимость посадки посадочного материала:

1 – Беларус-1523+Egedal Energy Planter 4 rows; 2 – Беларус-1221.1+Egedal Energy Planter 2 rows; 3 – Беларус-1523+Modular Step 2-4A; 4 – Беларус-1221.1+Modular Step 2-2A

Fig. 1. Plantings production cost price of planting material: 1 – Belarus-1523 + Egedal EnergyPlanter 4 rows; 2 – Belarus-1221.1 + Egedal Energy Planter 2 rows; 3 – Belarus-1523 + Modular Step 2-4A; 4 – Belarus-1221.1 + Modular Step 2-2A

Производственная себестоимость третьего технологического этапа, связанного с предпосадочной обработкой, внесением минеральных удобрений в базовом варианте составляет 249,0 бел. руб./га. Это – смешивание минеральных удобрений с погрузкой в разбрасыватель (Беларус-80.1+ИСУ-4А) – 8,0 %; транспортировка и внесение фосфорных и калийных удобрений (Беларус-1221.1+РУ-7000) – 24,9 %; погрузка азотных удобрений (Беларус-80.1+ПКУ-0,8А) – 1,3 %; транспортировка и внесение азотных удобрений (Беларус-1221.1+РУ-7000) – 2,6 %; рыхление междурядий (Беларус-82.1+ОКГ-4) – 46,8 %; подвоз воды для приготовления раствора гербицида (Беларус-82.1+РЖТ-5) – 1,9 %; приготовление раствора и внесение гербицида (Беларус-82.1+Мекосан-2500-24) – 14,5 %.

При использовании культиватора ORTOLAN HC 250 на базе трактора Беларус-82.1 для рыхления междурядий производственная себестоимости базового технологического этапа снизится на 12,9 %, до 216,2 бел. руб./га. Производственная себестоимость уборки биомассы различными средствами механизации представлена на рис. 2. Производственная себестоимость уборки биомассы кормоуборочных комбайнов (Claas Jaguar 860, Krone Big X 650, New Holland FR 9060, John Deere 7050), оборудованных приставками (HS-2, Wood Cut 1500, 130 FB, CRL) в среднем составляет 1965,9±127,0 бел. руб./га. Средняя минимальная производственная себестоимость среди кормоуборочных комбайнов соответствует 1711,8±680,7 бел. руб./га (John Deere 7050+CRL), что на 19,5 %, или 338,8 бел. руб./га ниже по отношению к 1–3 вариантам. Средняя максимальная производственная себестоимость 2159,6±1297,2 бел. руб./га (New Holland FR 9060+130 FB), что на 8,5 % и 7,9 % выше по отношению к 1 и 2 вариантам. Производственная себестоимость уборки биомассы на базе тракторов (Claas Xerion VC 3800, Беларус-1221), оборудованных харвестерами (Jenz GMHT 140, NYVRAA JF Z20, Bender 6WG), в среднем составляет 1289,2±396,0 бел. руб./га. Вариант Claas Xerion VC 3800+Jenz GMHT 140 соизмерим с вариантами 1–3 – 1733,4±420,8 бел. руб./га, который является наиболее затратным по отношению к вариантам 5 и 7. Варианты 5 и 7 свидетельствуют о средней минимальной производственной себестоимости – 1067,2±371,9 бел. руб./га, что в первую очередь определяется существенным отличием амортизационных отчислений. Так, доля отчислений на амортизацию, техническое обслуживание и ремонт в 5 и 7 вариантах в среднем – 722,1 бел. руб./га, что на 39,4 % ниже вариантов 1–4 – 1191,6 бел. руб./га. Итак, по представленным вариантам флуктуация удельного веса отчислений на амортизацию, техническое обслуживание и ремонт агрегатов в структуре производственной себестоимости составляет 81,2–88,1 %. Из них агрегаты на базе кормоуборочных комбайнов – 84,6–86,8 %, агрегаты на базе тракторов – 81,2–88,1 %.

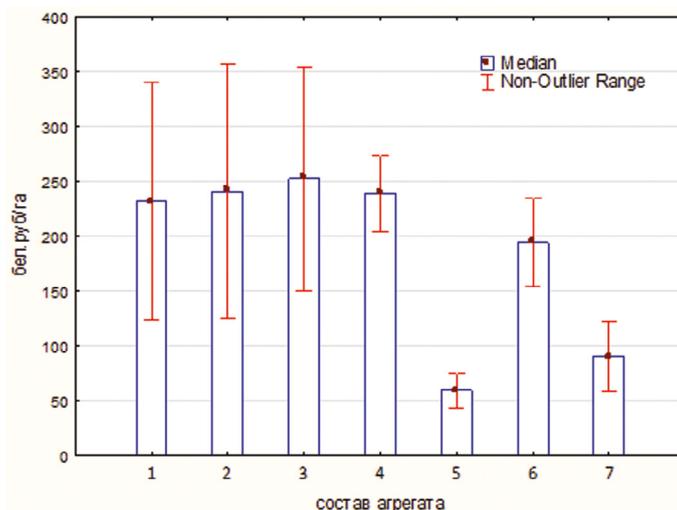


Рис. 2. Производственная себестоимость уборки биомассы:

1 – Claas Jaguar 860+HS-2; 2 – Krone Big X 650+Wood Cut 1500; 3 – New Holland FR 9060+130 FB; 4 – Claas Xerion VC 3800+Jenz GMHT 140; 5 – Беларус-1221+NYVRAA JF Z20; 6 – John Deere 7050+CRL; 7 – Беларус-1221+Bender 6WG

Fig. 2. Production cost price of harvesting biomass: 1 – Claas Jaguar 860 + HS-2; 2 – Krone Big X 650 + Wood Cut 1500; 3 – New Holland FR 9060 + 130 FB; 4 – Claas Xerion VC 3800 + Jenz GMHT 140; 5 – Belarus-1221 + NYVRAA JF Z20; 6 – John Deere 7050 + CRL; 7 – Belarus-1221 + Bender 6WG

В качестве базового варианта агрегата сбора и транспортировки убранный биомассы принят Беларус-82.1+2ПТС-4,5-1. При урожайности абсолютно сухой биомассы 12 т/га, средней естественной влажности уборки биомассы 44 % и норматива отходов, образующихся при уборке урожая 9 %, количество требуемых рейсов составляет 8. Графическая интерпретация количества рейсов от ожидаемой урожайности представлена на рис. 3.

Транспортная грузоподъемность при пограничных значениях влажности свежесрубленной надземной части биомассы древостоя без листвы 32–63 % варьирует от 2,07 до 3,81 т. Производственная себестоимость при уборке и транспортировке биомассы предложенными вариантами в среднем за рейс составляет  $42,2 \pm 18,3$  или  $360,2 \pm 20,7$  бел. руб/га.

Производственная себестоимость ликвидации плантации в базовом варианте технологической караты, включающей плантажную вспашку; сбор корней, древесных остатков по раскорчеванной площади и их сжигание; дискование; культивацию с боронованием, составляет 723,9 бел. руб/га. Из них на долю плантажной вспашки (Беларус-2522+FS.1/95) – 89,4 %, сбора корней, древесных остатков по раскорчеванной площади и их сжигание – 5,4 %, дискования – 2,3 %, культивацию с боронованием – 2,8 %. При отказе от технологических операций, связанных с дискованием и культивацией, с боронованием, производственная себестоимость снизится до 686,2 бел. руб/га.

Необходимо отметить, что в зависимости от поставленных экологических задач (фиторемедиация почв, защита почв от водной и ветровой эрозии, утилизация биогенных элементов, сохранение биологического разнообразия и др.), выполнение заключительного технологического этапа может носить сугубо рекомендательный характер.

В структуре производственной себестоимости I и III технологических этапов затраты на сырье и материалы являются максимальными и составляют 67,5 % и 66,2 % соответственно. Затраты на оплату труда варьируют от 0,3 до 4,4 %, из которых минимальное значение соответствует IV технологическому этапу, но при этом в абсолютном выражении являются максимальными, среднее значение по этапам – 3,1 %. Обязательные страховые взносы пропорциональны затратам на оплату труда и варьируют от 0,1 до 1,6 %. Затраты на амортизацию основных средств варьируют от 10,5 % до 52,1 %, I и III технологические этапы – 10,5 и 12,8 %, максимальное значение относится ко II технологическому этапу, V и IV – 33,9 и 44,0 %. Затраты на ТО и ремонт основных средств варьируют от 11,7 % до 49,2 %, I и III технологические этапы – 13,5 и 11,7 %, максимальное значение относится к V технологическому этапу, II и IV – 28,7 и 43,0 %. Затраты, связанные с ОХР и АХР, приняты для всех технологических этапов в размере 5 % от производственной себестоимости технологической операции.

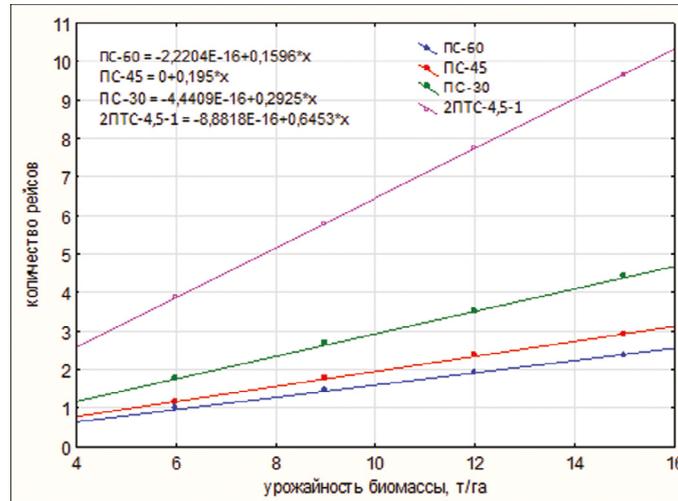


Рис. 3. Количество рейсов Беларус-82.1+(ПС-60; ПС-45; ПС-30; 2ПТС-4,5-1) при уборке и транспортировке биомассы

Fig. 3. Number of flights of Belarus-82.1 + (PS-60, SS-45, PS-30, 2PTS-4,5-1) during harvesting and transportation of biomass

Структура затрат производственной себестоимости технологических этапов представлена на рис. 4. Полученные данные свидетельствуют о преобладании затрат связанных с амортизацией, ТО и ремонта основных средств, на долю которых приходится 73,5 %. Необходимо отметить, что вклад импортных средств агрегации и механизации в структуру затрат на амортизацию, ТО и ремонт основных средств, составляет 89,7 % и 89,1 % соответственно. Данное обстоятельство является основополагающим аспектом для поиска путей импортозамещения с целью существенного снижения производственной себестоимости, а также развития собственной технической базы для возделывания древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста. Затраты на сырье и материалы занимают третью позицию и составляют 20,0 %. Доля затрат на ОХР и АХР, оплату труда, обязательные страховые взносы составляют 6,5 %.

Структура затрат производственной себестоимости в течение эксплуатации плантации в разрезе 21 года представлена на рис. 5. При урожайности абсолютно сухой биомассы 10–12 т/га/год и норматива отходов, образующихся при уборке урожая 9 %, полная себестоимость производства щепы составляет 6,57–7,64 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>.

При планируемой рентабельности 0 % простой срок окупаемости требуемых инвестиций составит 12–15 лет, отпускная цена производителя – 7,89–9,17 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, среднегодовая чистая прибыль – 105,0–108,3 бел.руб/га, внутренняя норма доходности – 23,5–24,0 %, рентабельность инвестиций – 796,9–822,2 %. В том случае, если существует необходимость исключения из технологического процесса заключительного технологического этапа, связанного с ликвидацией плантации, простой срок окупаемости требуемых инвестиций при планируемой рентабельности 0 % снизится до 9–12 лет.

При планируемой рентабельности 110,9–115,1 % простой срок окупаемости требуемых инвестиций – 3 года, то есть после первого трехлетнего цикла. При этом отпускная цена производителя составит 15,17–17,97 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, среднегодовая чистая прибыль – 709,1 бел. руб/га, внутренняя норма доходности – 82,0 %, рентабельность инвестиций – 5381,4–5383,3 %.

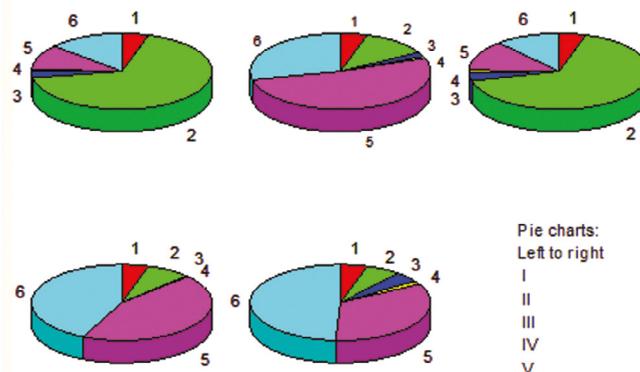


Рис. 4. Структура затрат производственной себестоимости технологических этапов:  
1 – ОХР и АХР; 2 – сырье и материалы; 3 – оплата труда; 4 – обязательные страховые взносы;  
5 – амортизация основных средств; 6 – ТО и ремонт основных средств

Fig. 4. Cost structure of the production cost price of the technological stages: 1 – General running costs and Administrative expenses; 2 – rawmaterials and materials; 3 – salary; 4 – compulsory insurance contributions; 5 – depreciation of fixed assets; 6 – Maintenance and repair of fixed assets

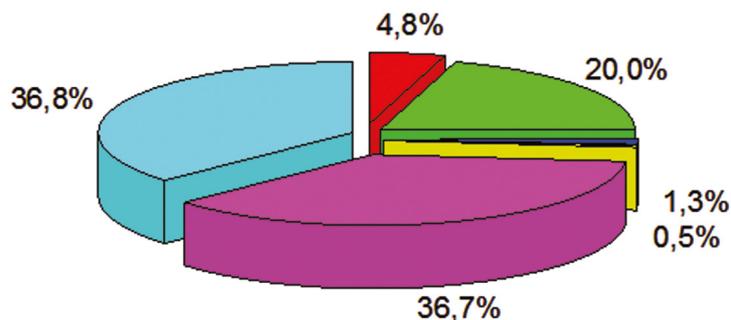


Рис. 5. Структура затрат производственной себестоимости

Fig. 5. Cost structure of production cost

При планируемой рентабельности 34,6–36,3 % простой срок окупаемости требуемых инвестиций составит 6 лет, отпускная цена производителя – 10,16–11,95 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, среднегодовая чистая прибыль – 295,6 бел. руб/га, внутренняя норма доходности – 46,3 %, рентабельность инвестиций – 2244,7–2243,4 %.

При планируемой рентабельности 9,1–10,1 % простой срок окупаемости требуемых инвестиций составит 9 лет, отпускная цена производителя – 8,48–9,94 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, среднегодовая чистая прибыль – 157,99 бел. руб/га, внутренняя норма доходности – 30,6 %, рентабельность инвестиций – 1196,3–1199,4 %.

При закладке плантации с целью утилизации биогенных элементов полная себестоимость производства щепы с учетом изменения структуры технологических операций снизится на 5,6 % и составит 6,20–7,20 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, что при отпускной цене производителя 7,89 бел. руб/нас. м<sup>3</sup> позволит повысить среднегодовую чистую прибыль на 31,1 бел. руб/га, внутреннюю норму доходности на 11,1 %, рентабельность инвестиций на 915,5 %.

В целом графическая интерпретация накопления денежных средств базового и альтернативных вариантов, в зависимости от статей доходов и расходов, а также сроков окупаемости капиталовложений представлена на рис. 6.

Согласно рис. 6, внутренняя норма доходности для базового варианта составляет 16,3 %; 23,7 % – (доходы +5 %; расходы –5 %); 31,0 % – (доходы +10 %; расходы –10 %); 8,1 % – (доходы –5 %; расходы +5 %); (доходы –10 %; расходы +10 %) – норма доходности отрицательная.

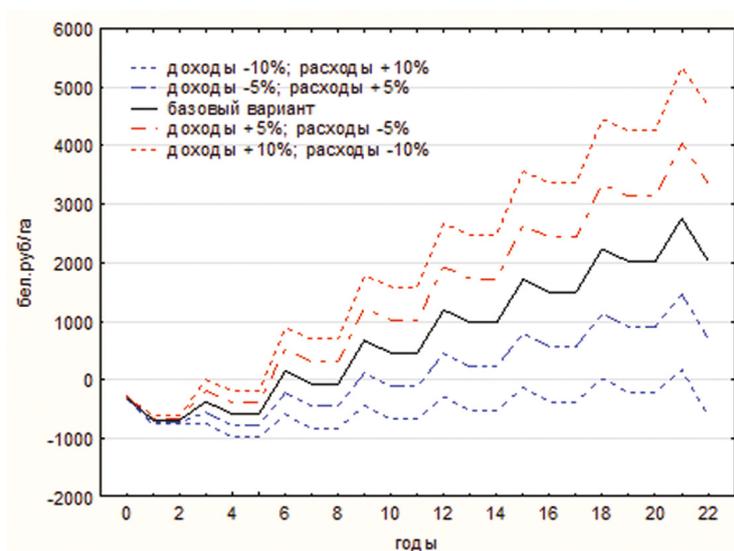


Рис. 6. Накопление денежных средств базового и альтернативных вариантов

Fig. 6. Accumulation of funds of basic and alternative variants

Себестоимость 1 т у. т. щепы ивы белой (*Salix alba*), при урожайности абсолютно сухой биомассы 10–12 т/га/год, норматива отходов, образующихся при уборке урожая 9 %, и естественной влажности уборки биомассы 44 %, варьирует от 52,51 до 61,08 дол. США. Стоит отметить, что при составлении

технико-экономических обоснований энергосберегающих мероприятий и оценки сроков их окупаемости на 2018 г. расчетную стоимость 1 т у. т следует оценить в 220 дол. США. Так, себестоимость 1 т у. т, полученной разработанной технологической картой ниже на 72,2–76,1 % или 123,9–127,8 дол. США по отношению к целевому показателю. Отметим, что при сохранении паритета между целевым показателем стоимости 1 т у. т. и отпускной ценой производителя при валовой урожайности 10–12 т/га/год, рентабельность составит 240–299 %, отпускная цена производителя – 27,53 бел. руб/нас. м<sup>3</sup>, среднегодовая чистая прибыль – 1355,3–1727,6 бел. руб/га, внутренняя норма доходности 122,4–140,2 %, рентабельность инвестиций 10360,1–13114,4 %.

Чистая приведенная стоимость капиталовложений за 22 года в зависимости от статей доходов, расходов, ставки дисконтирования, представлена в табл.

Таблица

**Чистая приведенная стоимость капиталовложений (Net present value of investments)**

Table

**Net present value of investments**

Вариант	Ставка дисконтирования, %				
	17	18	19	20	21
(доходы +10 %; расходы -10 %)	509	444	385	333	286
(доходы +5 %; расходы -5 %)	242	194	151	112	78
базовый	-24	-56	-83	-108	-130
(доходы -5 %; расходы +5 %)	-281	-296	-309	-320	-330
(доходы -10 %; расходы +10 %)	-542	-541	-539	-536	-534

Представленные показатели свидетельствуют о том, что при ставке дисконтирования 17–21 %, чистая приведенная стоимость капиталовложений варьирует от 286 до 509 бел. руб/га, которая соответствует варианту (доходы +10 %; расходы –10 %). Для варианта (доходы +5 %; расходы –5 %) чистая приведенная стоимость варьирует от 78–242 бел. руб/га. При базовом варианте, а также вариантах (доходы –5 %; расходы +5 %) и (доходы –10 %; расходы +10 %) чистая приведенная стоимость капиталовложений принимает отрицательные значения. Чистая приведенная стоимость капиталовложений базового варианта принимает положительное значение при ставке дисконтирования 16 % и составляет 11 бел. руб/га.

Представленные исследования по адаптации возделывания являются актуальными при определении финансовых перспектив будущих инвестиционных проектов; оценке необходимости привлечения внешних источников финансирования; расчете потребности в трудовых, материально-энергетических и финансовых ресурсах; определении стоимости проектных работ; получении предварительной укрупненной оценки стоимости инвестиционных проектов; оценке рисков, связанных с внедрением проектов; обосновании выбора технологии и комплектности средств оборудования с учетом нескольких вариантов расчета при различных схемах и источниках финансирования; расчете экономической эффективности и сроках окупаемости проектов.

**Заключение**

По результатам исследований разработана математическая модель «Bio willow», реализованная в пакете Microsoft Excel, позволяющая определить критерий технико-экономического обоснования возделывания ивы белой (*Salix alba*) в зависимости от предлагаемой технологической карты. Разработанный блок оценки технико-экономического обоснования интегрирован с блоками: технологическая карта; калькуляция затрат; биоэнергетическая эффективность; оценка воздействия жизненного цикла возделывания и производства щепы ивы белой (*Salix alba*); оценка воздействия жизненного цикла при конверсии щепы.

Предложенная модель достаточно успешно может быть адаптирована для других видов ивы древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста, а также другой растениеводческой продукции.

Данный подход дает возможность комплексно выявить количественные энергетические, экономические и экологические показатели продукции, а также обосновать выбор оптимальной технологии при сравнении альтернативных вариантов.

### Библиографические ссылки

1. Кунцов Н. С., Попов Е. Г. Энергоплантации : справочное пособие по использованию энергетических растений. Минск, 2015.
2. Постановление Совета Министров Республики Беларусь «Об утверждении Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы» № 248 от 28.03.2016.
3. Peschel T, Weitz M. Short Rotation Coppice Plantations – Concepts for Establishment and Operation Methods for Short Rotation Coppice (SRC) Projects for EU Bioenergy Plants. OPTFUEL – Optimized Fuels for Sustainable Transport. Lignovis GmbH, Hamburg, 2013 (Germany).
4. Dimitriou I., Rutz D. Sustainable Short Rotation Coppice – A Handbook. WIP Renewable Energies. Munich, 2015 (Germany).
5. Межотраслевые нормы выработки, времени и нормативы численности на подготовительные и вспомогательные работы в лесозаготовительном производстве (утв. Постановлением Минтруда РФ от 21.04.1993 № 90).
6. Нормативно-справочные материалы по планированию механизированных работ в сельскохозяйственном производстве : сборник. М., 2008.
7. Организационно-технологические нормативы возделывания зерновых, зернобобовых, крупяных культур : сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси; НИЦ НАН Беларуси по земледелию ; рук. разработ. : Ф. И. Привалов [и др.]. Минск, 2012.
8. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сборник отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию ; под общ. ред. В. Г. Гусакова, Ф. И. Привалова. Минск, 2012.
9. Бутько А. А., Пашинский В. А., Родькин О. И. Оценка биоэнергетической эффективности технологии возделывания ивы в короткоцикловых посадках // «Вест. ИрГСХА». 2016. Вып. 75. С. 8–17.

### Referenes

1. Kuptsov N. S, Popov E. G. Energotyplantation : Reference book on the use of energy plants. Minsk, 2015 (in Russ.).
2. Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus «On approval of the State Program» Energy Saving «for 2016–2020» No. 248 of 28.03.2016 (in Russ.).
3. Peschel T., Weitz M. Short Rotation Coppice Plantations – Concepts for Establishment and Operation Methods for Short Rotation Coppice (SRC) Projects for EU Bioenergy Plants. OPTFUEL – Optimized Fuels for Sustainable Transport. Lignovis GmbH, Hamburg, 2013 (Germany).
4. Dimitriou I., Rutz D. Sustainable Short Rotation Coppice – A Handbook. WIP Renewable Energies. Munich, 2015 (Germany).
5. Inter-industry norms of production, time and standards of numbers for preparatory and auxiliary work in logging operations (approved by the Decree of the Ministry of Labor of the Russian Federation No. 90 of Apr. 21, 1993) (in Russ.).
6. Normative and reference materials on the planning of mechanized works in agricultural production: Collection. Moscow, 2008 (in Russ.).
7. Organizational and technological standards for cultivation of cereals, legumes, cereals : collection. Branch regulations / Nats. Acad. Sciences of Belarus, NPC of NAS of Belarus on agriculture; Hands. Developed by FI Privalov, et al. Minsk, 2012 (in Russ.).
8. Guskova V. G., Privalov F. I. (ed.) Organizational and technological standards for cultivation of fodder and industrial crops: Sat. Branch regulations / Nats. Acad. Sciences of Belarus, Nauch. Pract. Center of Nat. Acad. Sciences of Belarus on agriculture ; Hands. Developed. Minsk, 2012 (in Russ.).
9. Butko A. A., Pashinsky V. A., Rodkin O. I. Estimation of bioenergetic efficiency of technology of willow cultivation in short-cycle plantings : Sci. and Pract. *Vestn. IrGSKhA*. 2016, issue 75. P. 8–17 (in Russ.).

*Статья поступила в редакцию 01.06.2017  
Received by editorial board 01.06.2017*