

- анализ электрических нагрузок (полная нагрузка, единичная нагрузка);
- внешние воздействующие факторы (период эксплуатации, местоположение, базисные пиromетрические данные);
- требования к конструкции фотоэлектрической батареи (структура фотоэлектрических батарей, влияние на фотоэлектрическую батарею компонентов контура потребления фотоэлектрической системы, влияние рабочей температуры, выработка энергии фотоэлектрической батареей, параметры фотоэлектрической батареи);
- требования к параметрам фотоэлектрической батареи (определение параметров фотоэлектрических компонентов и фотоэлектрической батареи, выходные параметры, максимально возможное напряжение фотоэлектрической батареи, требуемая мощность фотоэлектрической батареи);
- требования к безопасности фотоэлектрической батареи (защита от поражения электрическим током, защита от сверхтоков, защита от электрических дуг, защита от замыканий на землю, заземление и уравнивание потенциалов, молниезащита);
- требования к компонентам фотоэлектрической батареи (фотоэлектрические модули, соединительные коробки, аппараты и устройства защиты, автоматические выключатели, плавкие предохранители, шунтирующие диоды, блокирующие диоды, коммутационные аппараты отключения под нагрузкой, электрические соединители, устройства для соединения кабелей и проводов, электропроводка, компоненты системы заземления и уравнивания потенциалов, компоненты системы молниезащиты);
- аккумуляторы и аккумуляторные батареи в фотоэлектрических энергетических системах (условия применения аккумуляторов и аккумуляторных батарей, общие требования, выбор аккумулятора и аккумуляторных батарей);
- контроллеры заряда в фотоэлектрических системах (требования к рабочим характеристикам и функционированию, выбор контроллера заряда);
- инверторы в фотоэлектрических системах (требования к рабочим характеристикам и функционированию, выбор инвертора);

Список литературы включает отечественные, зарубежные и международные нормативные документы, регламентирующие проектирование фотоэлектрических систем.

Приложение содержит печенье аппаратных компонентов фотоэлектрической системы, графическую часть, которая представлена в виде типовых электрических схем фотоэлектрических систем различных типов.

## **КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ ПОРОД С КОРОТКИМ ПЕРИОДОМ РОСТА – WILLOW ENERGY CALCULATOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF USING TREE AND SHRUB SPECIES WITH A SHORT PERIOD OF GROWTH – WILLOW ENERGY CALCULATOR**

***A. A. Бутько, В. А. Пашинский, А. А. Зайцев, Л. А. Липницкий***  
***A. Butsko, V. Pashynski, A. Zaitsev, L. Lipnitski***

*Белорусский государственный университет, МГЭИ им. А. Д. Сахарова БГУ,  
г. Минск, Республика Беларусь,  
butko\_andrei@mail.ru*

*Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Представлен программный пакет Willow Energy Calculator (WEC), который разработан для принятия экспертных решений, а также для анализа проектов по производству и конверсии биотоплива, полученного из древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста.

The paper presents a software package called Willow Energy Calculator (WEC), which is designed to make expert decisions, as well as to analyze the projects in the production and conversion of biofuels derived from tree and shrub species with a short growth period.

*Ключевые слова:* .WEC, древесно-кустарниковая порода с коротким периодом роста, технологическая карта, калькуляция, экономический анализ, биоэнергетическая эффективность, ОЖЦ

*Keywords:* Willow Energy Calculator, tree and shrub species with a short growth period, technology manual, cost calculation, economic analysis, bioenergy efficiency, life cycle assessment

В Беларуси, 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 уровне.

Так, согласно постановлению Совета Министров Республики Беларусь от 28 марта 2016 г. № 248 об утверждении Государственной программы «Энергосбережение» на 2016–2020 годы, в республике среди местных ТЭР основной упор сделан на расширение использования древесного топлива. 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, сохранении биологического разнообразия и прочее.

Для поддержки принятия экспертных решений, а также для анализа проектов по производству и конверсии биотоплива, полученного из древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста, разработан программный пакет – Willow Energy Calculator (сокращенно WEC).

WEC позволяет оценивать и оптимизировать техническую, экологическую и финансовую жизнеспособность проектов, путем выполнения индивидуально адаптированных расчетов.

WEC реализована на базе электронных таблиц Microsoft Excel.

В качестве древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста используются 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, сорта, которые прошли конкурсное испытание в научно-исследовательских учреждениях.

Анализ проекта осуществляется в восемь этапов:

I. Технологическая карта возделывания биомассы.

II. Оценка валового и технического потенциала биомассы.

III. Калькуляцию.

IV. Экономический анализ.

V. Анализ биоэнергетической эффективности.

VI. Анализ энергетической эффективности конверсии биомассы.

VII. Экологическая оценка жизненного цикла производства биомассы.

VIII. Экологическая оценка жизненного цикла конверсии (сжигания) биомассы.

Базовая технологическая карта возделывания биомассы, а также ее возможные варианты описаны в [1; 4]. Оценка валового и технического потенциала биомассы описаны в [3]. Калькуляция и экономический анализ в зависимости от принятой технологической карты описаны в [4]. Анализ биоэнергетической эффективности представлен в [1]. Анализ энергетической эффективности конверсии биомассы включает стандартные методики оценки технико-экономического обоснования сжигания древесной биомассы. Экологическая оценка жизненного цикла производства и конверсии биомассы представлена в [2; 5].

В перспективе планируется расширение функциональных возможностей WEC путем дополнения этапа связанного с фиторемедиации почв при конструировании вегетативных фильтров, а также сравнительного анализа для нескольких проектов, анализа рисков и чувствительности системы в разрезе калькуляции и экономического анализа.

Необходимо отметить, что WEC достаточно успешно может быть адаптирован как других древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста, так и для других видов энергетических культур.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бутько, А. А. Оценка биоэнергетической эффективности технологии возделывания ивы в короткоцикловых посадках / А. А. Бутько, О. И. Родькин, В. А. Пашинский // Вестник ИРГСХА. – 2016. – Вып. 75. – С. 8–17.
2. Бутько, А. А. Оценка жизненного цикла производства щепы при возделывании древесно-кустарниковой породы с коротким периодом роста ивы белой (*Salix alba*) / А. А. Бутько, В. А. Пашинский, О. И. Родькин // Экологический вестник. – 2016. – № 4. – С. 89–97.
3. Бутько, А. А. Оценка и моделирование энергетического потенциала биомассы ивы на примере клона (*Salix viminalis*) / А. А. Бутько, О. И. Родькин, Е. В. Иванова // Экологический вестник. – 2014. – № 1. – С. 80–88.
4. Бутько, А. А. Техничко-экономические аспекты производства щепы при возделывании ивы белой (*Salix alba*) / А. А. Бутько, В. А. Пашинский, О. И. Родькин // Экология: журнал БГУ. – 2017. – № 3. – С. 91–100.
5. Бутько, А. А. Экологические аспекты жизненного цикла производства и конверсии биомассы древесно-кустарниковых пород с коротким периодом роста / А. А. Бутько, В. А. Пашинский, О. И. Родькин // Наука, образование, производство в решении экологических проблем (Экология-2017): Материалы XIII межд. науч.-тех. конф. – Уфа, 2017. – С. 13–30.