

4.Чернышев С. Полный лес отходов/ С. Чернышев//Лесной комплекс. – 2014. - №3 – URL: <https://forestcomplex.ru/lesozagotovka/polnyiy-les-othodov/?ysclid=lowu7q7jct477053834>

УДК 579.66

А.К. Брянкина, А.А. Парамонова, В.О. Миленина

Тамбовский государственный технический университет
Тамбов, Россия

МИКРОВОДОРОСЛИ КАК ОДНО ИЗ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЗЕЛеной ЭНЕРГЕТИКИ

Аннотация. В работе проанализированы предпосылки перехода к использованию альтернативных источников энергии. Приведены общие свойства, современное положение рынка биотоплива. Приведены преимущества использования биомассы микроводорослей в качестве сырья для биотоплива. Показаны перспективы реализации биотоплива третьего поколения в промышленности.

A.K. Bryankina, A.A. Paramonova, V.O. Milenina

Tambov State Technical University
Tambov, Russia

MICROALGAE AS ONE OF THE DIRECTIONS OF GREEN ENERGY DEVELOPMENT

Abstract. The paper analyzes the prerequisites for the transition to the use of alternative energy sources. The general properties and current position of the biofuel market are given. The advantages of using microalgae biomass as a feedstock for biofuels are presented. The prospects for the implementation of third generation biofuels in industry are shown.

Использование ископаемых видов топлива (нефть, газ, уголь) является наиболее значимым техногенным фактором, влияющим на изменение климата. При сжигании углеводов земной коры в атмосферу выделяется двуокись углерода, вызывающая парниковый эффект. При существующей проблеме уменьшение лесных массивов в свою приводит к невозможности полной переработки возросшего количества углекислого газа, что нарушает природный баланс. На парниковый эффект приходится 75% антропогенного ущерба окружающей среде [1].

В 2015 году на смену Киотскому протоколу было принято Парижское соглашение согласно Рамочной конвенции об изменении климата. Согласно этому документу все страны обязуются сокращать выбросы парниковых газов по самостоятельно выбранной стратегии.

Одной из таких стратегий является создание экономики замкнутого типа на уровне промышленных предприятий. Цель данной концепции заключается в переработке отходов в биотопливо.

К настоящему моменту биотопливо занимает незначительную долю энергетического рынка, однако число стран, проявляющих интерес к данному энергоносителю, неизменно растет. Так, среднегодовой темп роста производства биотоплива составляет 5,2 % [2].

На сегодняшний день различают четыре поколения биотоплив:

- биотопливо первого поколения: переработка зерновых сельскохозяйственных культур с использованием традиционных технологий;

- биотопливо второго поколения: переработка непищевого сырья (быстрорастущие деревья и травы);

- биотопливо третьего поколения: использование биомассы микроводорослей

- биотопливо четвертого поколения: использование генномодифицированных штаммов микроорганизмов [1].

Наиболее перспективными являются биотоплива третьего и четвертого поколения. Модифицированные микроорганизмы способны преобразовывать простые сахара и масла непосредственно в прекурсоры биотоплива. Однако получение специализированных штаммов и их хранение требует больших затрат. Кроме того, область генной инженерии только начала свое развитие и существующих знаний и ресурсов недостаточно для использования биотоплива четвертого поколения в промышленном масштабе. Поэтому экономически более выгодным будет использование биотоплива третьего поколения.

Микроводоросли - это микроскопические организмы, которые могут синтезировать биомассу с помощью фотосинтеза при наличии света, воды и углекислого газа. Следовательно, выращивание биомассы будет снижать парниковый эффект путём использования выхлопов нефтегазоперерабатывающих комплексов в качестве источника углекислого газа, который необходим для роста микроводоросли [3].

Большинство технологий получения различных целевых веществ из микроводорослей включают следующие стадии: культивирование и концентрирование биомассы, разрушение клеточных стенок, извлечение (экстракция/экстрагирование) целевых компонентов. В

настоящее время большинство предприятий в биопереработке микроводорослей фокусируются на извлечении определенного компонента из биомассы. Однако целесообразно рассматривать вопрос о выращивании биомассы с таким соотношением целевых компонентов, которые можно эффективно извлечь современными методами в порядке убывания их стоимости. Интеграция нескольких смежных технологий в одном биокластере позволила бы более полно перерабатывать вторичные потоки производств продуктов с высокой добавленной стоимостью в технологиях нижних уровней, а также более эффективно использовать периодически работающее оборудование и снизить капитальные и энергетические затраты. При этом в зависимости от поставленных целей для культивирования можно использовать как чистые питательные среды (для компактных производств продуктов с высокой добавленной стоимостью, так и различного вида отходы (для крупнотоннажных производств биотоплив, биоудобрений) [4].

Технологии получения биотоплива из микроводорослей являются одним из составляющих суперструктуры интеграции биотехнологий микроводорослей. Данная структура базируется на принципе комплексной переработки биомассы, то есть поэтапное извлечение ценных компонентов (рис. 1).

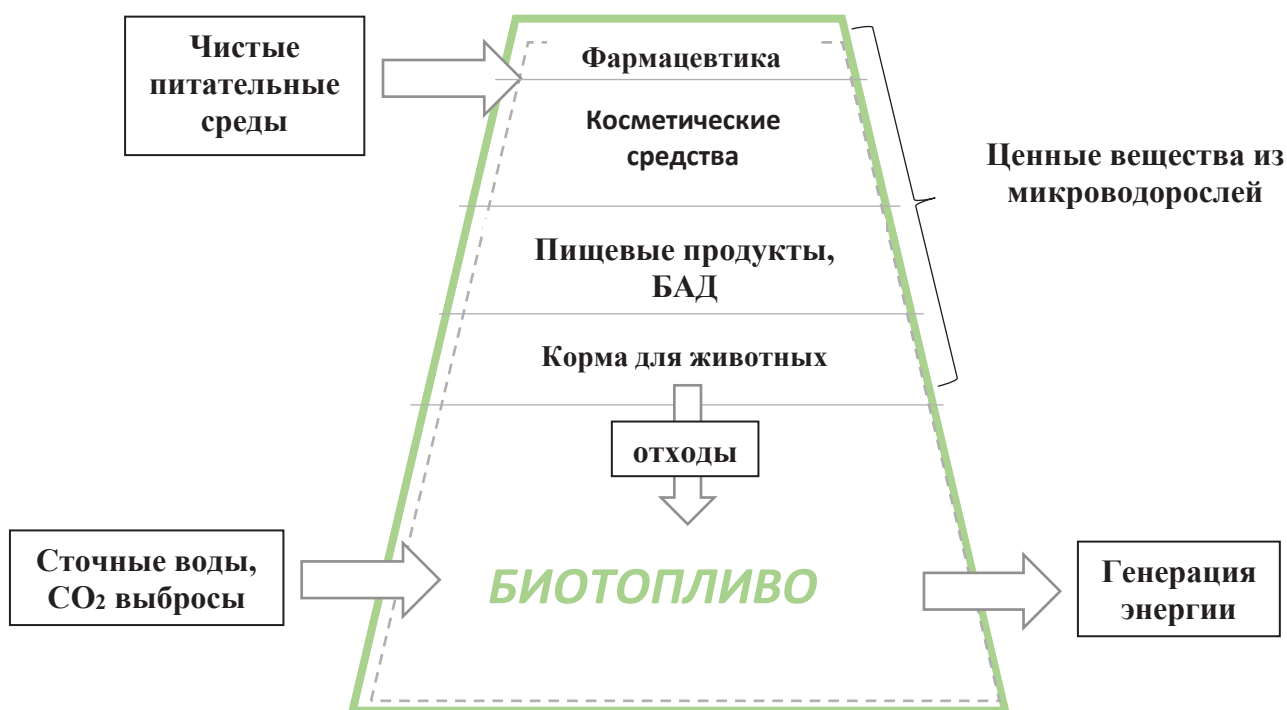


Рис. 1- Суперструктура интеграции биотехнологий микроводорослей

Таким образом решается еще одна глобальная проблема – проблема утилизации отходов производства, так как происходит полная переработка сырья.

Одним из преимуществ получения биотоплива из биомассы микроводорослей является их относительная неприхотливость в питательных средах. Поэтому сейчас активно идут исследования по возможности культивирования микроводорослей на сточных водах. В процессе роста микроводоросли выделяют в воду экзометаболиты, обладающие антибиотическими свойствами (жирные кислоты, триглицериды, длинноцепочечные спирты и др.) [4].

Биомасса микроводорослей универсальна, из нее можно получить биодизель, биометан, биоэтанол и биоводород.

На данный момент наиболее актуальным является производство биодизельного топлива - биотопливо на основе липидов микроводорослей. Биодизель из микроводорослей может использоваться в качестве добавки к минеральному дизельному топливу или как самостоятельный источник энергии.

Процесс производства биодизельного топлива состоит из следующих этапов: культивирования микроводорослей, концентрирования, разрушения клеток, экстракции липидов, реакции переэтерификации и очистки. Высокий выход липидов является одним из основных критериев отбора перспективных классов микроводорослей для использования в биоэнергетике. Наиболее продуктивными микроводорослями являются представители родов *Chlorella* sp. (23-63 %), *Nannochloropsis* sp. (31-68 %), *Nitzschia* sp. (45-69,1 %), *Neochloris oleoabundans* (35-54 %) и *Schizochytrium* sp. (50-77 %) [3]. Стадию культивирования микроводорослей целесообразно осуществлять в биореакторах закрытого типа, обеспечивающих аэрацию, достаточную освещенность и оптимальную температуру, которая может варьироваться в зависимости от штамма. Сложность концентрирования микроводорослей обусловлена небольшим размером клеток водоросли (2...10 мкм в диаметре) и низкой концентрацией 0.5...5 г/л микроводоросли в суспензии. Вследствие этого для производства биотоплива следует исследовать комплексные способы осаждения для уменьшения энергоемкости. Для разрушения прочной клетки микроводорослей возможно использование химических (ферменты, антибиотик, «осмотический шок») и физических (воздействие электромагнитного поля) способов дезинтеграции. Процесс экстракции липидов из клеток микроводорослей характеризуется сложностью выбора экстрагента, который будет полностью извлекать липиды и отделяться от них, не

влиять на их свойства. Реакция переэтерификации необходима для уменьшения вязкости, для ее проведения необходимо осуществить подбор катализатора и определить соотношения реагентов [5].

Перспективы внедрения биотоплива третьего поколения в промышленность весьма велики. «Шеврон», «Ханивелл ЮОП» и др. исследуют использование микроводорослей в качестве энергетического источника для транспорта, включая реактивные самолеты.

В заключении можно отметить, что ни смотря на то, что микроводоросли обладают хорошими перспективами в качестве сырья для производства биотоплива третьего и четвертого поколения необходимо проведение дальнейших исследований, направленных на повышение экономической эффективности стадий культивирования, концентрирования, экстрагирования и очистки. Внедрение технологий получения биотоплива с использованием микроводорослей позволит организовать производство практически замкнутого цикла, сократив до минимума количество побочных продуктов.

Список использованных источников

1. Назаренко Л.В. Биотопливо: новые источники сырья / Л. В. Назаренко // Вестник московского городского педагогического университета. Серия: естественные науки. – 2013. – № 1. – С. 19–30.

2. Василевкин Е.В. Сырье для производства биоэтанола. Технология производства, перспективы / Е. В. Василевкин, Д. В. Апельинский, В. Н. Егоров // Поршневые и газотурбинные двигатели: материалы 77-й международной научно-технической конференции ААИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров» (Магнитогорск, 22 – 26 апреля 2019 г.). –Магнитогорск: Издательство Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2019. – С. 36–42.

3. Saeedi Dehaghani A.H. Производство биодизельного топлива из микроводорослей *Chlorella sp.* и *Spirulina* / А. Н. Saeedi Dehaghani, V. Pirouzfard // Нефтехимия. – 2018. – № 4, том 58. – С. 496-502.

4. Дворецкий Д. С. Вопросы разработки эффективной биотехнологии синтеза ценных компонентов из биомассы микроводорослей / Д. С. Дворецкий, М. С. Темнов, И. В. Маркин, Я. В. Устинская, М. А. Еськова // Теоретические основы химической технологии. – 2022. - Т. 56. - № 4. - С. 418-433.

5. Темнов М.С. Кинетика и аппаратурно-технологическое оформление процессов получения эфиров жирных кислот: дис. ... канд.

техн. наук: 05.17.08: защищена 28.12.17: утв. 28.04.18 / Темнов М. С. - М., 2017. - 223 с.

УДК 630*232

С.И. Васильева¹, М.С. Ларюшкина¹, П.Г. Мельник^{1,2}

¹МФ Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана (Национальный исследовательский университет)

²Институт лесоведения РАН
Россия

ОСОБЕННОСТИ РОСТА ЛИСТВЕННИЦЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПОСТРАДАВШЕЙ ОТ ВЕТРОВАЛА В ПРИРОДНО-ИСТОРИЧЕСКОМ ПАРКЕ «ИЗМАЙЛОВО»

Аннотация. Представлены результаты 20-летнего лесоводственного мониторинга на опытных объектах в 138...158-летних культурах лиственницы европейской в Природно-историческом парке «Измайлово». Лиственница европейская характеризуется хорошим ростом и продуктивностью, средневзвешенная категория состояния 1,8...1,9 балла.

S.I. Vasilieva¹, M.S. Laryushkina¹, P.G. Mel'nik^{1,2}

¹Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University
(National Research University)

²Institute of Forestry of the Russian Academy of Sciences
Russia)

GROWTH PECULIARITIES OF EUROPEAN LARCH AFFECTED BY WINDTHROW IN THE IZMAILOVO NATURAL-HISTORICAL PARK

Abstract. The results of 20 years of silvicultural monitoring on experimental sites in 138...158-year old cultivars of European larch in Izmailovo Nature and Historical Park are presented. European larch is characterized by good growth and productivity, weighted average condition category 1.8...1.9 points.

За последнее столетие породный состав Природно-исторического парка «Измайлово» претерпел значительные изменения. По данным материалов лесоустройств, если в 1927 году хвойные породы составляли 83,2% площади лесного фонда, то в настоящее время не превышают 10%. Обращает внимание незыблемость позиций лиственницы за последние полвека, на долю которой приходится 2,2%