

УДК 662.7

**ВОДОРОСЛИ КАК БИОТОПЛИВО  
ALGAE AS BIOFUEL**

А.В. Казейка

Научный руководитель – И.Н. Прокопеня, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
prokopenya@bntu.by

А. Kazeika

Supervisor – I. Prokopenya, Senior Lectures  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** В данной статье рассмотрены виды микроводорослей, которые отлично подходят для получения биотоплива. Описаны наиболее перспективные виды водорослей с высоким содержанием масел.

**Abstract:** This article examines the types of microalgae that are excellent for producing biofuels. The most promising types of algae with a high oil content are described.

**Ключевые слова:** биотопливо, микроводоросли, масла, липиды, углеводороды.

**Keywords:** biofuels, microalgae, oils, lipids, hydrocarbons.

**Введение**

Сжигание ископаемого топлива способствует изменению климата, выделяя в атмосферу парниковые газы, и потребность в альтернативных источниках топлива становится все более актуальной. Биомасса, как наземная, так и водная, считается потенциальным возобновляемым источником энергии для производства биотоплива. Считается, что микроводоросли или морские водоросли превосходят наземные растения с точки зрения накопления солнечной энергии, усвоения питательных веществ и потенциала для производства биотоплива благодаря их более высокой эффективности фотосинтеза, более высокому выходу биомассы. Ожидается, что использование водорослей для производства биотоплива сыграет важную роль в обеспечении энергоснабжения в ближайшие десятилетия. Энергия, получаемая из биомассы, обеспечит более половины общего объема энергии для достижения желаемой цели. [1]

**Основная часть**

В принципе, идея использования микроводорослей в качестве энергетического сырья не нова, но лишь в настоящее время стала актуальной из-за прогнозируемого дефицита и высокой стоимости нефтепродуктов, а также проблемы глобального потепления в результате сжигания ископаемых видов топлива.

В настоящее время биотопливо производят из растительных и животных масел. Некоторые виды водорослей содержат до 80 % масел. В зависимости от вида микроводоросли содержат различные типы липидов, углеводов и

сложных масел. В таблице 1 представлены виды микроводорослей и содержание в них масла. [2]

Таблица 1 – Содержание масла в некоторых видах водорослей

Микроводоросли	Содержание масла (% от сухого веса)	Микроводоросли	Содержание масла (% от сухого веса)
<i>Botryococcus braunii</i>	25-75	<i>Monallanthus salina</i>	>20
<i>Chlorella</i> sp.	28-32	<i>Nannochloris</i> sp.	20-35
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	20	<i>Nanochloropsis</i> sp.	31-68
<i>Cylindrotheca</i> sp.	16-37	<i>Neochloris oleoabundans</i>	35-54
<i>Dunaliella primolecta</i>	23	<i>Nitzschia</i> sp.	45-47
<i>Isochrysis</i> sp.	25-33	<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	20-30
<i>Schizochytrium</i> sp.	50-77	<i>Tetraselmis sueica</i>	15-23

Рассмотрим виды водорослей в который находится наибольшая процентность масла: *Schizochytrium* sp., *Nitzschia* sp., *Nanochloropsis* sp.

*Schizochytrium* – это гетеротрофная морская водоросль, которая содержит от 50% до 70% липидов, выращенных с использованием минералов и органических солей. Жирные кислоты водорослей *Schizochytrium* состоят из докозагексаеновой кислоты, омега-3 жирных кислот, тетрадекановой кислоты, общих липидов, пальмитиновой кислоты и докозапентаеновой кислоты, которые являются желательными кислотами, используемыми для производства биотоплива. Таким образом, *Schizochytrium* признан подходящей водорослью для производства биодизеля. Традиционно, переэтерификация является проверенным методом синтеза биотоплива.

Пеннатную диатомовую водоросль *Nitzschia* можно выращивать в фотобиореакторах с вертикальным слоем на открытом воздухе для производства биотоплива. Для оценки производства биомассы и липидов неаксенические культуры *Nitzschia* выращивали на открытом воздухе, и рост этих культур измеряли раз в две недели. В течение годового цикла культивирования водорослей температура культивирования колебалась от 17,3°C до 33,5°C, биомасса в сухом весе колебалась от 0,11 г/л до 0,25 г/л, световая энергия колебалась от 1,94 Вт/м<sup>2</sup> до 3,9 Вт/м<sup>2</sup>, а содержание внутриклеточных липидов колебалось от 7,1% - 11,4% от массы биомассы после сушки при температуре 60°C. Анализ н-гексановых экстрактов методом газовой хроматографии/масс-спектрологии показал, что внутриклеточные липиды

состоят в основном из миристиновой кислоты C14:0 (9,01%), пентадециклической кислоты C15:0 (8,26%) и двух типов пальмитиновой кислоты C16:0 (41,13%) и пальмитолеиновой кислоты (29,25%). Анализ проницаемости геля показал, что карбоновые кислоты составляют 28,9% липидов, 16,3% моноглицеридов, 27,3% диглицеридов и 24,3% триглицеридов. Алкоголиз липидов приводит к превращению примерно 93,9% жирных кислот в эквивалентные метиловые эфиры жирных кислот (FAME) или биотопливо, которые, в пересчете на масс.%, состоят в основном из C15:0 метилмиристата (8,3%), C16:0 метилпентадеканата (7,2%), C17:1 метилпальмитолеат (28,7%) и метилполиметат (39,8%). [3]

Nanochloropsis – это род микроводорослей, который в последние несколько десятилетий приобрел большой интерес благодаря своему потенциалу в производстве биотоплива. При выращивании в больших открытых водоемах Nanochloropsis может вырабатывать большое количество липидов, или масел, которые могут быть преобразованы в биотопливо. Содержание липидов в Nanochloropsis может варьироваться от 20 до 70% в зависимости от условий окружающей среды, что делает его весьма привлекательным кандидатом для производства биотоплива. Одним из самых больших преимуществ Nanochloropsis как сырья для производства биотоплива является то, что его можно выращивать в самых разных типах воды, включая пресную, морскую и даже сточные воды. Поскольку он быстро растет и его можно собирать несколько раз в год, он потенциально может стать высокоэффективным и экономичным сырьем для производства биотоплива. Nanochloropsis богат белком и может быть использован в качестве сырья для аквакультуры и животноводства. Он также может быть использован в качестве источника омега-3 жирных кислот, которые важны для здоровья человека. [4]

### **Заключение**

В последнее время возникает проблема поиска различных альтернативных ресурсов, которые могли бы заменить ископаемое топливо. Благодаря наличию ряда преимуществ у водорослевого биотоплива, таких как низкая потребность в земле для производства биомассы и высокое содержание масла при высокой производительности, оно считается лучшим ресурсом, который может заменить жидкое нефтяное топливо. Однако одним из его узких мест является низкий уровень производства биомассы, что является препятствием для промышленного производства. Кроме того, другим недостатком является сбор биомассы, который требует больших затрат энергии. Для повышения экономичности процесса по сравнению с другими требуются экономичные и энергоэффективные методы сбора урожая с низкими энергозатратами. Производство недорогого биотоплива из микроводорослей требует более совершенных методов сбора биомассы, высокого производства биомассы с высокой нефтеотдачей за счет генетической модификации, которая станет будущим биологии водорослей. Таким образом, использование стандартной технологии сбора водорослей, концепции биопереработки, достижений в области проектирования фотобиореакторов и других технологий переработки позволит еще больше снизить стоимость производства водорослевого

биотоплива, которое в ближайшем будущем станет конкурентоспособным ресурсом.

### Литература

1. Frontiers [Электронный ресурс]/ Tailoring Microalgae for Efficient Biofuel Production. – Режим доступа: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2018.00382/full>. Дата доступа: 19.04.2024.
2. Argel [Электронный ресурс]/ Микроводоросли для биодизельного топлива. – Режим доступа: <https://www.vo-da.ru/articles/energoeffektivnyelos/mikrovodorosli-v-biotoplive>. – Дата доступа: 19.04.2024.
3. ResearchGate [Электронный ресурс]/ Long-term monitoring of the biomass and production of lipids by *Nitzschia palea* for biodiesel production. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/340640033\\_Long-term\\_monitoring\\_of\\_the\\_biomass\\_and\\_production\\_of\\_lipids\\_by\\_Nitzschia\\_palea\\_for\\_biodiesel\\_production](https://www.researchgate.net/publication/340640033_Long-term_monitoring_of_the_biomass_and_production_of_lipids_by_Nitzschia_palea_for_biodiesel_production). – Дата доступа: 19.04.2024.
4. IndexBox [Электронный ресурс]/ Nannochloropsis Biofuel Please mention the Source: <https://www.indexbox.io/search/nannochloropsis-biofuel/>. – Режим доступа: <https://www.indexbox.io/search/nannochloropsis-biofuel/>. – Дата доступа: 19.04.2024.