

Специализированный учебно-научный центр федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»,  
г. Екатеринбург, Свердловская область

## **Региональный этап Всероссийского конкурса юных исследователей окружающей среды**

Направление «Клеточная биология, генетика, биотехнология»

Исследовательская работа

Зеленые водоросли как перспективные продуценты липидов для производства биотоплива

Автор:  
Королихина Софья Александровна,  
ученица 10 К класса СУНЦ УрФУ

Руководитель:  
Шабалина Анна Андреевна, учитель химии и биологии СУНЦ УрФУ

г. Екатеринбург 2025г.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1 Теоретическая часть	
1.1 Штаммы водорослей. Содержание липидов в штаммах водорослей	4
1.2 Липиды и их разнообразие	6
1.3 Биотопливо и способы создания	7
1.4 Экстракция липидов по модификации методу Фолча, окрашивание с использованием Bodipy, Нильского красного	8
Глава 2 Практическая часть	
2.1 Экстракция липидов по модификации метода Фолча	9
2.2 Окрашивание липидов с использованием Bodipy и Нильского красного	10
2.3 Анализ полученных результатов	11
Заключение	13
Список литературы	14
Приложение 1	16
Приложение 2	18

## Введение

**Проблематика.** На сегодняшний день человечество сталкивается с серьезной экологической проблемой, связанной с парниковыми газами, которые изменяют атмосферный слой нашей планеты и приводят к глобальному потеплению. Основными газами, способствующими этому эффекту, являются оксид азота, углекислый газ, водяные пары и метан. При сжигании топлива образуются почти все эти газы, и ежедневно сгорает около 4,5 миллиарда литров топлива, что негативно сказывается на состоянии атмосферы [1]. Кроме этого, запас нефтяных месторождений ограничен, что приводит к возможным экономическим проблемам [17]. Необходим переход на альтернативные, возобновляемые источники топлива, которым может стать биотопливо. Важно отметить, что одной из целей устойчивого развития ООН является обеспечение рациональных моделей потребления и производства [2]. Одним из решений для достижения этой цели является переход на биотопливо. При сгорании биотоплива выделяется на 78,5% меньше углекислого газа. Кроме того, биотопливо можно производить из липидов, продуцируемых микроводорослями, ведь фотоавтотрофные зеленые водоросли в процессе своей жизнедеятельности поглощают углекислый газ и накапливают липиды в качестве запасющих веществ.

Таким образом, **актуальность** исследования заключается в поиске новых биотехнологичных способов производства биотоплива из липидов микроводорослей, которые смогут решить такие глобальные вопросы как секвестрация углекислого газа и ограниченность природных ресурсов.

**Цель работы:** определение штаммов зеленых водорослей с наибольшим выходом липидов для производства биотоплива.

### **Задачи исследования:**

1. Освоить методики по разрушению клеток зеленых водорослей и окрашиванию липидов.
2. Изучить метод спектрофотометрии для определения липидов.
3. Выбрать штаммы зеленых водорослей и провести лабораторные исследования для определения липидов.
4. Проанализировать, какие штаммы наиболее перспективны для выхода липидов.

**Объект исследования:** штаммы зеленых водорослей рода *Scenedesmus*

**Предмет исследования:** выход липидов из разных штаммов зеленых водорослей для производства биотоплива.

**Гипотеза:** все выбранные штаммы зеленых водорослей являются перспективными для производства биотоплива на основе липидов.

## Глава 1. Основная часть

### 1.1. Штаммы водорослей

Водоросли – группа фотоавтотрофных организмов, живущих преимущественно в воде, а также на суше, в толще почвы, на коре деревьев, на камнях в условиях повышенного увлажнения [3].

Зеленые водоросли бывают как многоклеточными, так и одноклеточными. Зеленые одноклеточные водоросли – это организмы, не обладающие корнями, стеблями или листьями. Их размеры могут колебаться от нескольких микрометров (мкм) до сотен мкм в зависимости от конкретного вида.

Лабораторные штаммы водорослей представляют собой генетически однородные культуры конкретного вида водорослей, полученные из определённого источника для конкретной задачи.

В исследовательской работе будут рассматриваться такие штаммы зеленых водорослей как:

1. *Scenedesmus quadricauda* (S-313) – вид зеленых водорослей, обитают в пресных водоемах. Образуют колонии от 4 до 16 клеток. Неподвижный образ жизни [4] (Рисунок 1).



Рисунок 1- Внешний вид *Scenedesmus quadricauda* (S-313)

2. *Scenedesmus obliquus* (S-321) – вид зеленых водорослей, обитают в пресных водоемах. Образуют колонии от 4 и более клеток [5] (Рисунок 2).

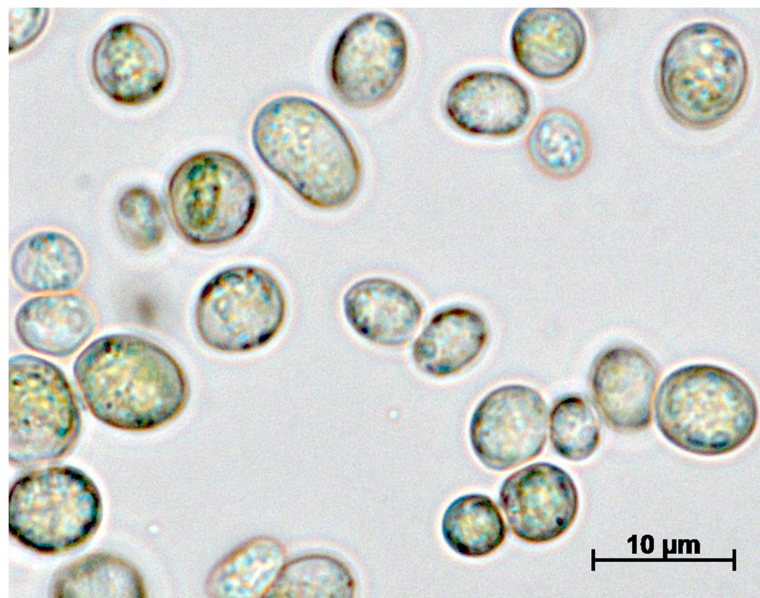


Рисунок 2 – Внешний вид *Scenedesmus obliquus* (S-321)

3. *Scenedesmus rubescens* (D-292) – вид зеленых микроводорослей, обитают в пресных водоемах. Образуют колонии [6] (Рисунок 3).

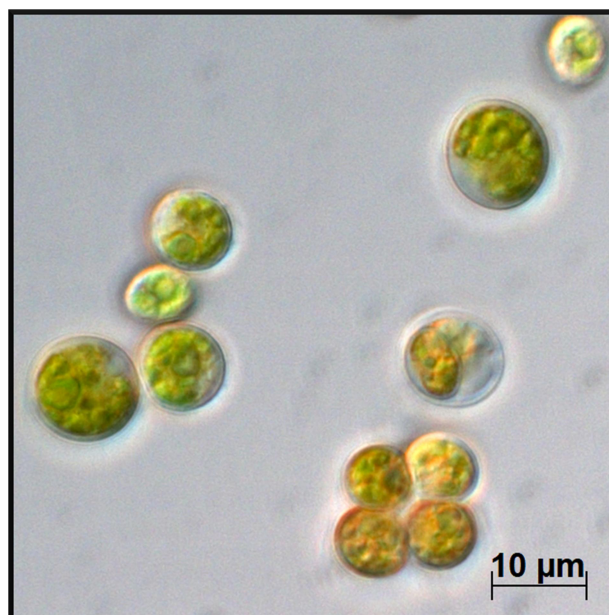


Рисунок 3 – Внешний вид *Scenedesmus rubescens* (D-292)

*Scenedesmus*— это род зелёных микроводорослей, колониальных и неподвижных по форме, со средним диаметром от 2 до 10 мкм [7].

Были выбраны зеленые водоросли так как в них наблюдается наибольшее содержание липидов 10-15%, в то время, как например в бурых водорослях содержание липидов 1-3% [8].

Уже в раннее проведенных исследованиях было доказано, что род *Scenedesmus* обладает наибольшим количеством липидом, в сравнении с другими видами водорослей, именно поэтому был выбран род *Scenedesmus* [9].

## 1.2. Липиды и их разнообразие

Липиды — хорошо растворимые в органических неполярных растворах вещества [10].

Липиды бывают двух видов:

1. Омыляемые — легко гидролизуются в растворах щелочей.

Например воск, триацилглицеролл, фосфолипиды.

2. Неомыляемые — не гидролизуются в щелочной среде.

Например, стероидные гормоны, витамины, каротиноиды. В зеленых водорослях липиды могут быть как омыляемые, так и не омыляемые.

Так же липиды классифицируют на простые и сложные, главным отличием является химический состав.

1. Постые липиды — вещества, состоящие только из углерода, водорода и кислорода.

Например триоцилглицерол, жирные кислоты, жирные альдегиды.

2. Сложные липиды— вещества, состоящие также из углерода, водорода и кислорода, но в таких соединениях еще встречаются фосфор, сера, азот.

Например фосфолипиды, гликолипиды, стероиды.

Для зеленых водорослей липиды играют довольно важные функции:

1. Энергетическая — при полном окислении 1г выделяется 38,9кДж, избыток энергии участвует в фотосинтезе.

2. Структурная — образуют фосфолипидный бислой на мембране, благодаря такому строению мембрана обладает избирательной проницаемостью, то есть через нее проходят только гидрофобные вещества. Вода же в свою очередь проходит через аквапорин.

3. Запасающая — в случае стрессовых условий количество липидов увеличивается, это объясняется тем, что липиды являются источником длинноцепочечных жирных кислот – строительных блоков для мембран.

Концентрация липидов в водорослях также зависит от питательных сред, в которых они растут. Таким образом для большего выделения липидов используют голодание. Голодание, может быть, различных элементов, самые распространенные по азоту или по сере. Недостаток азота вызывает значительное уменьшение урожая биомассы и содержание зольных веществ в ней. Резко увеличивается средний сухой вес клетки, а в органическом веществе уменьшается содержание хлорофилла и белка, увеличивается количество углеводов и липидов. При недостатке серы происходит увеличение среднего размера одной клетки и разрушение хлорофилла. Отличительными чертами серного голодания являются: некоторое уменьшение содержания белка и резкое увеличение содержания липидов при постоянном уровне углеводов. Было доказано, что при недостатке азота, количество выделяемых липидов больше чем в сере или других элементов [11].

### 1.3. Биотопливо и способы создания

Биотопливо — вид топлива получаемый в результате переработки биомассы растительного или животного происхождения [12].

Выделяют два вида биотоплива:

1. Твёрдое биотопливо — это твёрдый органический, неископаемый материал биологического происхождения, который может использоваться в качестве топлива для производства тепла или электроэнергии. Например дрова, опилки, трава.
2. Жидкое биотопливо — это топливо, получаемое в ходе переработки растительного сырья или отходов. Например биодизель, биоэтанол.

Жидкое биотопливо, в отличие от твердого, можно использовать для транспорта.

Биоэтанол — этанол, получаемый из биомассы с большим содержанием крахмала или сахара: кукурузы, сахарного тростника, сахарной свёклы. Биоэтанол уже на сегодняшний день используется в нескольких странах в виде смеси 85% этанола и 15% бензина. Биоэтанол используется вместо топлива для машин [13].

Технология производства биоэтанола включает в себя множество этапов:

1. Подготовка сырья с помощью измельчения и водно-термической обработки.
2. Осахаривание (осуществляется под воздействием специальных ферментов)
3. Сбраживание (происходит с помощью дрожжей)
4. Перегонка на специальных колоннах
5. Обезвоживание

Биодизель — топливо на основе растительных или животных жиров (масел), а также продуктов их этерификации. Сырьём могут быть рапсовое, соевое, пальмовое, кокосовое масло, а также отходы пищевой промышленности растения и многое другое. Разрабатываются технологии производства биодизеля в основном из водорослей. Биодизель используется вместо топлива для самолетов.

Липиды используются как компонент для дизельного биотоплива. Бывают несколько видов добычи липидов:

1. Животные жиры. Такой вид сырья недостаточно эффективен, поскольку в нем есть множество жиров, которые не переходят в биотопливо. Переход жирных кислот в биодизель выполняется с помощью щелочного катализатора.
2. Микробные липиды. Переход одноклеточных водорослей из липидов в жирные кислоты. Которые в последствии будут переходить в биотопливо, происходит благодаря ферментированию.

#### **1.4. Экстракция липидов по методу Фолча, окрашивание с использованием Bodipy, Нильского красного**

Экстракция — процесс извлечения вещества из раствора или сухой смеси с помощью экстрагента (растворителя) [14]. В работе используется жидкостная экстракция.

Жидкостная экстракция — процесс перехода одного или нескольких растворенных веществ из одной жидкой фазы в другую (экстрагент), практически нерастворимую или частично растворимую в первой, но растворяющую эти вещества.

Жидкостная экстракция используется для количественного определения веществ с помощью спектрофотометрии или хроматографии.

Метод Фолча — это метод экстракции липидов, который включает в себя использование смеси хлороформа и метанола для удаления липидов из биологических материалов.

Метод Фолча на сегодняшний день является наиболее распространенным и эффективным. Благодаря такому методу можно выделить до 95% липидов [15].

Для метода Фолча можно использовать два красителя, которые будут забирать липиды:

1. Нильский красный (NR) — флуоресцентный органический краситель, который поглощает свет в диапазоне видимого спектра и испускает свет с более длинной длиной волны, что приводит к красной флуоресценции.

2. Bodipy (BP) — флуоресцентный краситель, имеющий узкие полосы испускания и поглощения.

Главное различие между двумя красителями состоит в том, что NR используется для отличия нейтральных липидов от более полярных, а BP используется для более четкого определения количества нейтральных липидов.

## Глава 2. Практическая часть

Практическая часть исследования проведена на базе лаборатории БФУ им. Канта в г. Калининграде в июле 2025 года под руководством Л.С. Дышлок.

### 2.1. Экстракция липидов по модификации метода Фолча

Этапы проведения экстракции липидов по методу Фолча (Рисунок 4):

1. Суспензию водорослей в количестве 8 мл центрифугировали при 2500 оборотов в минуту на протяжении 5 минут (Приложение 1 рис. 1-3);
2. Декантировали надосадочную жидкость; (Приложение 1 рис. 4);
3. К осадку добавили 5 мл метанола (экстрагента), ресуспензировали;
4. Инкубировали смесь на протяжении 10 минут при температуре 70°C; (Приложение 1 рис. 5);
5. Центрифугировали 5 минут при 2500 оборотов в минуту и отобрали над осадочную жидкость;
6. Добавили к осадку хлороформ 5 мл, ресуспензировали;
7. Инкубировали смесь в течение 10 минут при 60°C;
8. Выпарили растворители из экстракта почти досуха;
9. Перерастворили экстракт в 50 мкл хлороформа.

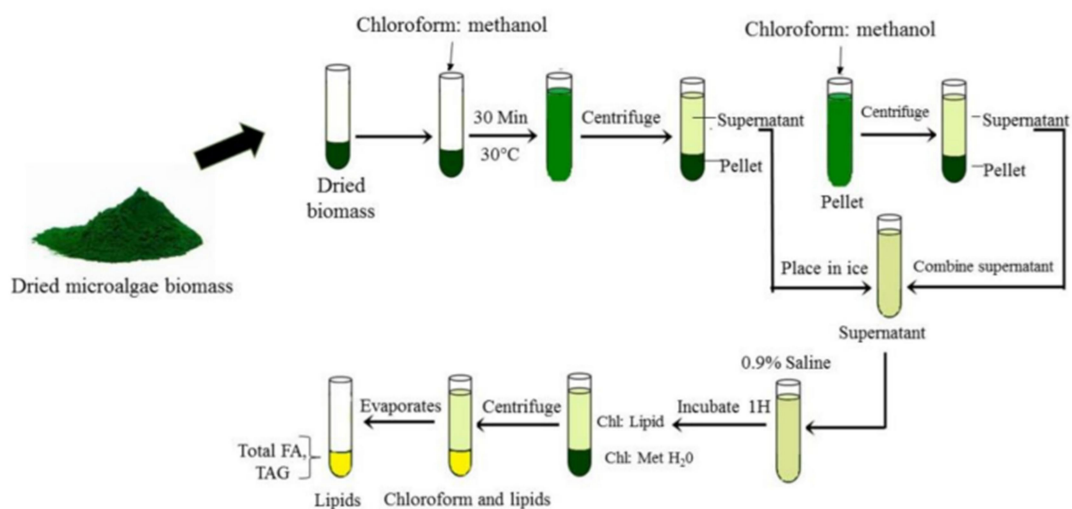


Рисунок 4 – Этапы экстракции липидов из микроводорослей по методу Фолча

## 2.2. Окрашивание липидов с помощью красителя Bodipy и Нильского красного

При окрашивании красителем Bodipy наблюдали яркую желто-зеленую флуоресценцию.

Этапы окрашивания липидов Bodipy:

1. Добились концентрации клеток в суспензии  $5 \cdot 10^5$  —  $1 \cdot 10^6$  или OD 0.6 при 650 нм. (Приложение 2 рис. 1-2)
2. Осадили 1.0 мл суспензии, удалили жидкость.
3. Внесли 1.0 мл pbs.
4. К суспензии клеток добавили 10 мкл красителя. (Приложение 2 рис. 6)
5. Инкубировали в течение 10 минут в темноте.
6. Промыли в pbs дважды:
  - центрифугировали 1 минуту при 7000 оборотов в минуту и удалили 800 мкл надосадочной жидкости;
  - добавили 1.0 мл pbs; центрифугировали 1 минуту при 7000 оборотах в минуту;
  - удалили 1.0 мл надосадочной жидкости; добавили 800 мкл pbs.
7. Внесли 150 мкл на лунку в двух повторах. (Приложение 2 рис. 3-4)
8. Сняли показания флюоресценции при 477-14\525-30 нм. (Приложение 2 рис. 9)

При окрашивании липидов Нильским красным наблюдали яркую розовую флуоресценцию.

Этапы окрашивания липидов Нильским красным:

1. Добились концентрации клеток в суспензии  $5 \cdot 10^5$  —  $1 \cdot 10^6$  или OD 0.6 при 650 нм. (Приложение 2 рис. 1-2)
2. Осадили 1.0 мл суспензии, удалили жидкость.
3. Внесли 1.0 мл pbs.
4. К суспензии клеток добавили 2 мкл красителя. (Приложение 2 рис.5)
5. Инкубировали в течение 15 мин в темноте.
6. Внесли 150 мкл на лунку в двух повторах. (Приложение 2 рис. 3-4)
8. Сняли показания флюоресценции при 530\590, слит 20 нм. (Приложение 2 рис. 9)

### 2.3. Результаты и их обсуждение

После проведения спектрофотометрии были получены следующие результаты. На рисунке 5 представлена диаграмма, из которой можно сделать вывод о том, что при окраске красителем *Водіру* наибольшую концентрацию выхода липидов из клеток демонстрирует штамм S-321.

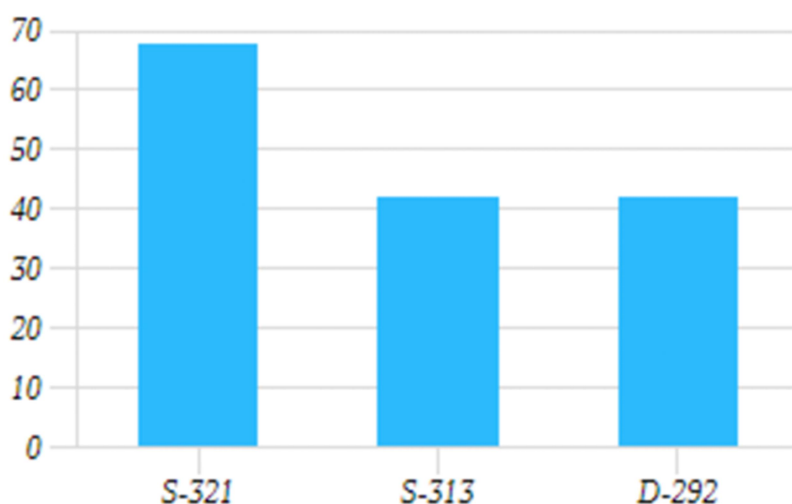


Рисунок 5 - Оптическая плотность при окрашивании с использованием *Водіру*

При окраске красителем Нильский красный наибольший выход липидов из клеток демонстрирует также штамм S-321 (Рисунок 6).

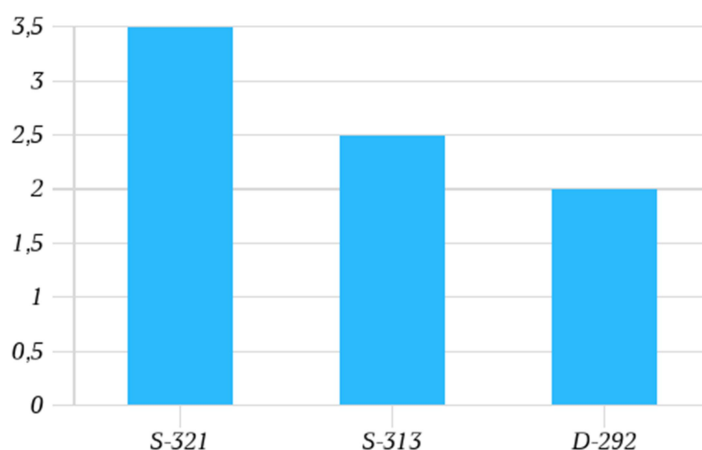


Рисунок 6 - Оптическая плотность при окрашивании с использованием Нильского красного

Все результаты получены в оптических плотностях. Оптическая плотность — безразмерная величина, вычисленная как десятичный логарифм отношения потока падающего света к потоку прошедшего света. Чем выше оптическая плотность, тем больше количественное содержание липидов, соответственно концентрация также больше.

Для производства биотоплива подходят нейтральные липиды, поскольку такой вид переходит в биотопливо легче. Соответственно для производства экологического топлива лучше смотреть на результаты при окрашивании флуоресцентным красителем Bodipy.

Тогда, исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что наиболее перспективным штаммом зеленых водорослей для производства биотоплива является S-321, то есть *Scenedesmus obliquus*. Вторым по выходу липидов штаммом стал S-313.

Так же следует обратить внимание, что результаты при окрашивании липидов Нильским красным сильно отличаются от Bodipy. Это вызвано тем, что краситель NR окрашивает не только нейтральные липиды, но и все липиды в целом. Именно поэтому видим разницу между S-313 и D-292 при втором красителе.

Наши результаты не соотносятся с данными из литературных источников, в которых в качестве материала для производства биотоплива рекомендуется штамм *Scenedesmus quadricauda*, то есть штамм S-313[16].

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующий **вывод**: по сравнению с литературой, где Р. Юкеш Канна говорит о наиболее частом использовании в качестве компонента для биотоплива S-313, наше исследование показало другой штамм с большей концентрацией липидов, который будет эффективней использовать для производства биотоплива - S-321. Расхождения литературных данных с нашим практическим исследованием можно объяснить тем, что ранее не было проведено исследований сравнивающих концентрацию липидов данных штаммов зеленых водорослей.

## Заключение

В результате проведенных исследований можно сформулировать выводы:

1. Подобрана методика экстракции липидов из клеток водорослей – метод Фолча. Изучены методики окрашивания липидов, выбраны красители Нильский красный и Bodipy. Для определения нейтральных липидов, подходящих для производства биотоплива, лучше использовать флуоресцентный краситель Bodipy.
2. Определена интенсивность окраски липидов методом спектрофотометрии. Штамм S-321 показал наибольший выход липидов из клеток, как нейтральных, так и общих.
3. Для исследования подобраны штаммы зеленых водорослей, которые ранее не сравнивались между собой: S-321, S-313 и D-292. Предшествующими исследователями показан хороший результат выхода липидов у штамма S-313. Таким образом, наши данные имеют научную новизну.
4. По результатам наших исследований наиболее перспективным штаммом для выхода липидов, подходящих для производства биотоплива, является S-321. Однако необходимо провести дальнейшее его сравнение со штаммом S-313, подробно описанным в литературных источниках.

Таким образом, проведенное исследование позволило выяснить, какие из выбранных штаммов являются более перспективными для производства биотоплива. Были изучены методики разрушения клеток методом Фолча, а также окрашивания липидов разными красителями. Изучен способ проведения спектрофотометрии. Проведены лабораторные исследования на базе БФУ им. Канта.

*Scenedesmus obliquus* показал наибольшие результаты оптической плотности, *Scenedesmus quadricauda* и *Scenedesmus rubescens* показали одинаковую оптическую плотность по целевым липидам.

Наша первоначальная гипотеза не подтвердилась, поскольку штамм S-321 содержит большее количество липидов, которые подходят для биотоплива.

Для развития проекта необходимо провести исследования, направленные на более подробное изучение штаммов S-321 и S-313 и других видов водорослей, для получения липидов в качестве биотоплива. Возможно, в скором будущем появится новый вид биотоплива для автомобилей, а также на других видах транспорта.

В дальнейшем развитие проекта позволит перейти на биотопливо с целью уменьшения количества выделяемых парниковых газов для сохранения атмосферного слоя нашей планеты.

## Список литературы

1. Потребление бензина в разных странах / [Электронный ресурс] // World Motor Gasoline Consumption by Country : [сайт]. — URL: <https://www.indexmundi.com/energy/?product=gasoline&graph=consumption&display=rank> (дата обращения: 11.10.2025).
2. Цели в области устойчивого развития / [Электронный ресурс] // Цели в области устойчивого развития - Устойчивое развитие : [сайт]. — URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения: 21.09.2025).
3. Е.И. Барабанов, С.Г. Зайчикова Ботаника [Текст] / Е.И. Барабанов, С.Г. Зайчикова — 1-е изд. — : , 2014 — 247 с.
4. *Scenedesmus quadricauda* / [Электронный ресурс] // ScinceDirect : [сайт]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/scenedesmus-quadricauda> (дата обращения: 31.08.2025).
5. *Scenedesmus Obliquus: Structure, Function, and Ecosystem Roles* / [Электронный ресурс] // Biology Insights : [сайт]. — URL: <https://biologyinsights.com/scenedesmus-obliquus-structure-function-and-ecosystem-roles/> (дата обращения: 31.08.2025).
6. *Scenedesmus rubescens Heterotrophic Production Strategies for Added Value Biomass* / [Электронный ресурс] // Academia.edu : [сайт]. — URL: [https://www.academia.edu/106617943/Scenedesmus\\_rubescens\\_Heterotrophic\\_Production\\_Strategies\\_for\\_Added\\_Value\\_Biomass](https://www.academia.edu/106617943/Scenedesmus_rubescens_Heterotrophic_Production_Strategies_for_Added_Value_Biomass) (дата обращения: 31.08.2025).
7. Белякова Г. А., Дьяков Ю. Т., Тарасов К. Л Ботаника. Водоросли и грибы. [Текст] / Белякова Г. А., Дьяков Ю. Т., Тарасов К. Л — . — : Академия, 2006 — 320 с.
8. С. Е. Фоменко а, Н. Ф. Кушнерова , В. Г. Спрыгин, Е. С. Другова , Л. Н. Лесникова , В. Ю. Мерзляков , Т. В. Момот Сравнительное исследование липидного состава, содержания полифенолов и антирадикальной активности некоторых представителей морских водорослей [Текст] / С. Е. Фоменко а, Н. Ф. Кушнерова , В. Г. Спрыгин, Е. С. Другова , Л. Н. Лесникова , В. Ю. Мерзляков , Т. В. Момот // Физиология растений. — 2019. — № . — С. 452-460.
9. Н.А. Юлдошова, Ш.О. Нурбоева, А.К. Рахматуллаева, И.В. Сафаров Качественный и количественный состав липидов микроводорослей родов *Chlorococum* и *Scenedesmus* : специальность «Биотехнология » : Диссертация на соискание доктора биологических наук / Н.А. Юлдошова, Ш.О. Нурбоева, А.К. Рахматуллаева, И.В. Сафаров ; Чирчикский государственный педагогический университет . — , 2022. — 8 с.
10. Н.В. Антипова, Л.К. Даянова Биохимия 10-11 класс [Текст] / Н.В. Антипова, Л.К. Даянова — . — : Просвещение, 2021 — 130 с.

11. Влияние азотного голодания на физиологию одноклеточной водоросли рода *Coelastrella* : специальность «Биология» : Диссертация на соискание доктора биологических наук / ; Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева РАН Группа экофизиологии микроводорослей Московская гимназия на Юго-Западе № 1543 . — Москва , 2017. — 34 с.
12. Биотопливо: виды поколения, преимущества и недостатки, технологии производства / [Электронный ресурс] // renwex : [сайт]. — URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/biotoplivo/?ysclid=mjzpj2zu15113019191> (дата обращения: 03.09.2025).
13. Биоэтанол / [Электронный ресурс] // ru.ruwiki.ru : [сайт]. — URL: <https://ru.ruwiki.ru/wiki/Биоэтанол> (дата обращения: 09.09.2025).
14. Экстракция / [Электронный ресурс] // www.booksite.ru : [сайт]. — URL: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/125/802.htm> (дата обращения: 11.09.2025).
15. Н.В. Канская, В.В. Иванов, Е.А. Степовая Модификация способа определения липидов / Н.В. Канская, В.В. Иванов, Е.А. Степовая [Текст] // . — Томск:, 2014. — С. 69-73.
16. Обзор анаэробного расщепления энергии и экономичной предварительной обработки микроводорослей для производства биогаза / [Электронный ресурс] // ScienceDirect : [сайт]. — URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/scenedesmus-quadrifida> (дата обращения: 15.10.2025).
17. Четыре основные экономические проблема / [Электронный ресурс] // nipkef.ru : [сайт]. — URL: <https://nipkef.ru/about/blog/chetyre-osnovnye-problemy-ekonomiki-stran-i-metody-ih-resheniya/> (дата обращения: 14.11.2025).

Экстракция липидов по методу Фолча

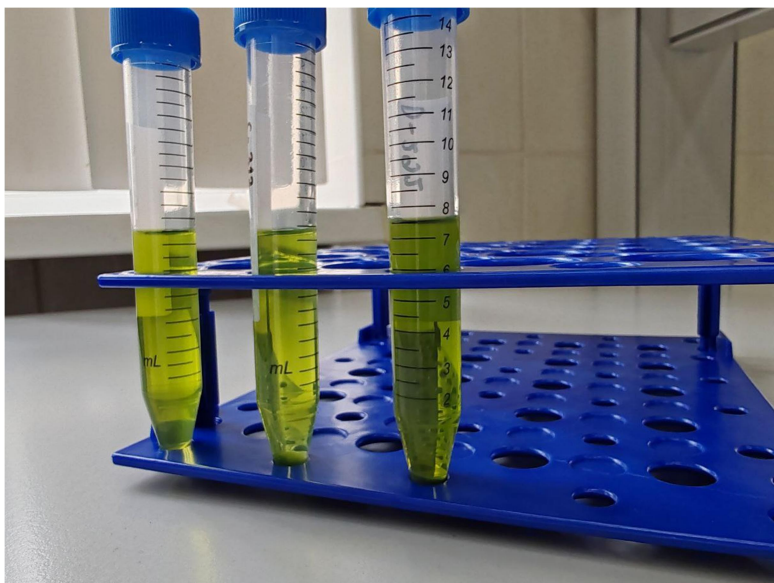


Рис. 1 – Суспензия водорослей до центрифугирования



Рис. 2 – Центрифугирование суспензии на 2500 оборотов в минуту на протяжении 5 минут

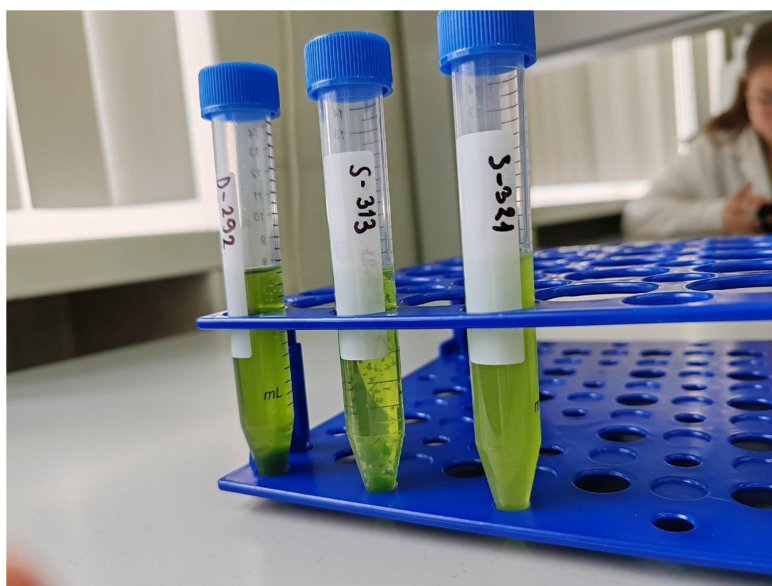


Рис. 3 – Суспензия водорослей после центрифугирования



Рис. 4 – Удаление надосадочной жидкости



Рис.5 – К осадку добавили 5 мл метанола (экстрагента), ресуспензировали. Инкубировали смесь на протяжении 10 минут при температуре 70°C;

## Приложение 2

### Окрашивание липидов Нильским красным и Bodipy



Рис.1 – Провели разбавление концентрированной пробы



Рис.2 – с помощью спектрофотометрии убедились в необходимой концентрации клеток в суспензии



Рис.3 – Внесли rbs



Рис.4 – Внесли по 150мкл окрашенного раствора в лунку в двух повторах



Рис.5 – Краситель Нильский красный



Рис.6 - Краситель Водіру



Рис.7 – Центрифугировали 1 минуту при 7000 оборотов в минуту



Рис.9 – На спектрофотометре сняли показания флюоресценции при 477-14\525-30 нм и при 530\590, слит 20 нм