**МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ**

**СРЕДНЯЯ ШКОЛА №62**

**ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**

**Выявление комфортной среды существования одноклеточной зеленой водоросли хлореллы и ее значение в биологической очистке водоемов.**

**Выполнила:**

**Дыкина Светлана, 10 класс**

**Руководитель:**

**Тапоркина Екатерина Владимировна, учитель биологии**

**Рязань, 2023**

**Оглавление**

[**Введение** 3](#_Toc160108273)

[**1.** **Значение и сферы использования хлореллы** 6](#_Toc160108274)

[**2.** **Использование хлореллы для очистки водоемов.** 9](#_Toc160108275)

[**3.** **Положительный опыт использования хлореллы и требования к ее выращиванию.** 12](#_Toc160108276)

[**4.** **Культивирование хлореллы в домашних условиях.** 17](#_Toc160108277)

[**Заключение** 22](#_Toc160108278)

[**Список литературы** 24](#_Toc160108279)

**Введение**

Мир водорослей огромен. Он занимает в растительном царстве совершенно особое, исключительное по своему значению место, как в историческом аспекте, так и в общем круговороте веществ в природе. Наряду с очень важной ролью в природе, водоросли начинают приобретать существенное значение в практической жизни человека. Это связано с успехами прикладной альгологии[[1]](#footnote-2), особенно в области управляемого культивирования микроводорослей[[2]](#footnote-3).

В природеводоросли насыщают водоёмы и атмосферу кислородом, ими питаются водные животные, образуют ил и меловые породы, вызывают при сильном размножении «цветение воды».В жизни человека водоросли применяются различно:как корм или пищевая добавка для животных;для питания человека;ил используется как удобрение и в медицине;в биохимической и кондитерской промышленности для получения белков, спиртов, йода, брома, витаминов, агар-агара.

Многие виды водорослей съедобны. Наиболее известными являются бурые ламинария (которую называют морской капустой) и фукус, а также зелёная ульва (морской салат).

Многие учёные утверждают, что в будущем широко распространятся фабрики водорослей. На этих фабриках будут выращиваться съедобные водоросли и производиться из них различные продукты.Примеры использования водорослей для кормления животных известны давно. Во многих приморских районах мира крестьяне добавляли водоросли в корм скоту. В наше время для этой цели продаются брикеты из водорослей.

Нас, в первую очередь интересует одноклеточная водоросль хлорелла. Она образует зеленый налет на сырой почве, коре деревьев, различных подводных предметах. В воде рек и озер хлорелла находится во взвешенном состоянии. Размер ее клеток от 0,002 до 0,01 мм в диаметре. Впервые описание водоросли дал Пристли[[3]](#footnote-4) в конце XVII века, но лишь в 1980 г. Голандский микробиолог Бейериик выделил самостоятельный вид Chlorellavulgaris[[4]](#footnote-5).

**Актуальность исследования.**Интерес к этой водоросли возник не случайно. Во-первых, она очень имеет широкое распространение. Во-вторых, ее значение для человека огромно. В-третьих, доказана возможность выращивания хлореллы в производственных масштабах.

Одно из важнейших направлений использования хлореллы – очистка водоемов. Загрязнение воды — это глобальная экологическая проблема, которая набирает обороты с каждым годом. Водный ресурс Земли скоро может стать дефицитным. [Экология](https://nemusorim.com/ekologiya) воды — это важнейшая составляющая экосистемы.

Планктонная хлорелла для очистки водоема –эффективное средство против цветения воды для борьбы с сине-зелеными водорослями (цианобактериями). Добавление живой хлореллы в водоем убирает эффект "цветения" воды, также нейтрализуется целый ряд органических и неорганических загрязнений, хлорелла делает воду прозрачной, убирает неприятный запах, улучшает биохимическкий состав воды[[5]](#footnote-6).

Учитывая это обстоятельство, можно с уверенностью утверждать, что выращивание хлореллы является перспективным и значимым шагом для улучшения экологии водоемов, что является актуальным в настоящее время.

**Объект исследования** – условия существования зеленой водоросли хлореллы.

**Предмет исследования** – влияние хлореллы на очистку водоемов

**Целью** работы является выявление комфортной среды существования одноклеточной зеленой водоросли хлореллы и ее значения в биологической очистке водоемов.

**Задачи исследования**

1. Рассмотреть значение хлореллы и сферы ее использования;
2. Проанализировать точки зрения на возможность использования хлореллы для очистки водоемов;
3. Описать примеры положительного и отрицательного опыта использования хлореллы для очистки водоема;
4. Выявить оптимальные условия возникновения, существования и развития хлореллы.

**Методы исследования:**анализ, наблюдение, эксперимент, количественный и качественный анализ результатов.

**Практическая значимость исследования**: результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы на практике при выращивании хлореллы для очистки небольших водоемов искусственного и естественного происхождения, для получения культуры хлореллы и дальнейшего исследования уникальных свойств водоросли.

Работа состоит из введения, основной части, содержащей 4 раздела, заключения и списка использованной литературы.

1. **Значение и сферы использования хлореллы**

Значение хлореллы в природе и жизни человека переоценить невозможно. Все водоросли являются продуцентами органических веществ, а значит именно с них начинаются основные цепи питания. Кроме этого, водоросли являются продуцентами кислорода, которым дышат остальные организмы, живущие в водоемах.

Водоросли, с том числе и одноклеточные нашли широкое применение во всех отраслях жизни человека. Они используются в сельском хозяйстве(растениеводство и животноводство), для утилизации отходов, реабилитации водоемов, в пищевой промышленности и многих других направлениях. Не менее важно их участие в круговороте веществ на планете. Водоросли обитают не только в воде, но и в почве, участвуя в круговороте кремния и кальция, они активно обогащают землю этими компонентами и производят их модификацию.

Известно, что одноклеточная протококковая водоросль хлорелла содержит большое количество белка – 55 %, и он превосходит по качеству известные растительные белки, так как содержит все необходимые аминокислоты, в том числе незаменимые. Клетки хлореллы в зависимости от их генетических свойств и применяемых воздействий могут быть превращены в системы, направленно синтезирующие белки, углеводы или жиры, что открывает принципиальные возможности управления не только интенсивностью, но и качественной стороной биосинтеза у микроводорослей. Хлорелла имеет большое значение при культивировании естественных кормов, используемых для выращивания растительноядных рыб. Так, применение хлореллы в рыбоводстве обосновано по многим причинам, так как приводит к уменьшению условно-патогенной микробиоты, увеличивает иммунитет рыб, увеличивает кормовую ценность и биомассу зоо- и фитопланктона, и поэтому в целом увеличивает выход товарной рыбы на всех этапах развития (малек, личинка, сеголетка, годовик)[[6]](#footnote-7).

Во многих странах на основе водорослей изготавливают удобрения. Если опрыскать ими саженцы помидоров, перцев, баклажан и бахчевых культур, то те не только быстрее растут, но и дают хороший урожай. Помимо овощеводства, водоросли проникли и в животноводство. Коровы, гуси, куры, утки становятся более продуктивными при использовании в рационах микроводорослей. Кроме продуктивности, использование микроводорослей в животноводстве положительно влияет на сохранность животных, набор массы, иммунитет сельскохозяйственных животных.

Все популярнее становится употребление водорослей в пищу человеком. В первую очередь речь идет о морской капусте. В ней содержится огромное количество питательных веществ, стимуляторов, ферментов, макро и микроэлементов. Это и соединения йода, кальций, которые необходимы для нормального обмена веществ. Они все чаще применяются в пищевой промышленности. Например, японская кухня использует муку из водорослей при выпекании хлеба. А это основной продукт на столе в каждой семье. Водоросли добавляют в пудинги, пирожные и даже мороженое. В последнее время не менее актуально их применение при консервации. Во многих странах с каждым годом открывается все больше кафе, где можно заказать различные блюда исключительно из этих растений.

В [XXI веке](https://ru.wikipedia.org/wiki/XXI_%D0%B2%D0%B5%D0%BA) в западных странах (например, в [США](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BE%D0%B5%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%A8%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8B_%D0%90%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B8) и [Канаде](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BD%D0%B0%D0%B4%D0%B0)) хлорелла стала использоваться в качестве добавки к пище. Польза хлореллы обусловлена высоким содержанием в ней белка и [витаминов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BD%D1%8B). В хлорелле особо высоко содержание [железа](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE), что позволяет использовать её в терапии [железодефицитных анемий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%B4%D0%B5%D1%84%D0%B8%D1%86%D0%B8%D1%82%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B0%D0%BD%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D1%8F).

Ряд исследований демонстрирует эффективность хлореллы в качестве дополнительной терапии при лечении вирусных инфекций, таких, как [гепатит С](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BF%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%82_C) и [цитомегаловирус](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A6%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B5%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%80%D1%83%D1%81%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D0%B8%D0%BD%D1%84%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F). Эффект связывают с иммуностимулирующими свойствами компонентов, входящих в состав клеточной стенки данной водоросли. Также отмечается использование хлореллы в качестве лечения наркотической и [алкогольной зависимостей](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D0%BA%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%BC)[[7]](#footnote-8).

**Свойства хлореллы** до сих пор до конца не изучены. С завидной регулярностью появляются всё новые открытия, связанные с полезными свойствами этого микроорганизма.

Как ни странно, но именно простой **одноклеточной водоросли хлорелле** отводится огромная роль в современной космонавтике. Она способна выработать большое количество кислорода. В этом ей уступают практически все виды растений. У нее короткий процесс вегетации и очень большая скорость размножения. Вся полученная биомасса хлореллы может быть использована на орбитальных станциях не только для продукции кислорода, но и в качестве пищи. Ее питательные качества действительно впечатляющие. Содержание белка в хлорелле составляет не менее 50 процентов от сухой массы. К тому же в **одноклеточной хлорелле** содержится необходимые для жизнедеятельности человека аминокислоты и витамины. Все это делает использование хлореллы в космических полетах весьма перспективным.

1. **Использование хлореллы для очистки водоемов.**

Хлорелла используется для очистки воды. Например, для биологической [очистки сточных вод](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B2%D0%BE%D0%B4).

Для очистки в России колонии хлорелл были введены во многие водоёмы: с 2009 года в озёра [Казанского зооботсада](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%B7%D0%B0%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B7%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%B0%D0%B4)[[8]](#footnote-9), с 2010 — в Нижнетагильский пруд и Леневское водохранилище на [реке Тагил](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B0%D0%B3%D0%B8%D0%BB)[[9]](#footnote-10), в 2012 году в пруд [Тверского ботанического сада](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%BE%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D0%B0%D0%B4_%D0%A2%D0%B2%D0%93%D0%A3)[[10]](#footnote-11), в 2014 — в [Графский](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B4_(%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%82-%D0%9F%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B3)) и Орловский пруды [Санкт-Петербурга](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%82-%D0%9F%D0%B5%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%B1%D1%83%D1%80%D0%B3) (в конце 2017 года в Графском пруде патогенные водоросли подавлены)[[11]](#footnote-12). Однако в Нижнем Тагиле произошёл всплеск цветения сине-зелёных водорослей с массовым мором рыбы[[12]](#footnote-13), в  Ижевском пруде введение хлореллы не принесло успеха из-за многочисленных донных отложений[[13]](#footnote-14)[https://ru.wikipedia.org/wiki/Хлорелла](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0#cite_note-8).

Приведенные примеры показывают, что есть и положительный и отрицательный опыт использования хлореллы для очистки водоемов. Современные сторонники использования хлореллы опираются на то, что в**основе методики биологической реабилитации водоёмов лежит использование специально выведенного для работы с водоемами и запатентованного планктонного штамма CHLORELLA Vulgaris GKO. Эффективность его в несколько раз выше эффективности уже известного штамма CHLORELLA Vulgaris ИФР С-111.** Планктонный штамм хлореллы ИФР №С-111 был выделен советским учёным Богдановым Н. И. в 1977 году из [Нурекского водохранилища](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D1%83%D1%80%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5_%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%85%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5). Благодаря своим уникальным свойствам планктонный штамм позволил значительно упростить биотехнологию культивирования хлореллы и технологию хранения маточной культуры. Новый штамм позволил ввести хлореллу в рацион крупного рогатого скота, свиней, птиц, кроликов, пчёл, рыб; использовать хлореллу для очистки сточных вод, [альголизации](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) водоёмов.

**Ключевым результатом действия хлореллы в водоеме является эффективное подавление сине-зеленых водорослей.**

**В тоже время в процессе альголизации происходит разностороннее восстановление экосистемы водоема, вплоть до его полной реабилитации.**

Хлорелла существует на нашей планете уже более трех миллиардов лет. При благоприятных условиях (температура воды + свет + питание, а также при отсутствии сильных подавляющих токсинов) хлорелла чрезвычайно быстро делится, каждые 12 часов ее количество увеличивается в 2-4 раза.

Отличие планктонного вида хлореллы в том, что он живет в поверхностном слое воды на глубине до полутора метров и не оседает на дно (даже в состоянии анабиоза, без света, находясь подо льдом в зимнее время).

Открытие Богданова Н.И. заключается в научном обосновании существования планктонного штамма хлореллы в естественной среде, после чего он был найден в высокогорном Нурекском водохранилище (Таджикистан). На основе данного открытия планктонный штамм был обнаружен и выделен в виде монокультуры в лабораторных условиях.

Попадая в водоем, планктонная хлорелла не агглютинирует (не притягивается) к высшей растительности или предметам, а парит в верхнем слое воды на глубине до полутора метров, благодаря чему происходит процесс фотосинтеза и активного размножения микроводоросли.

В отличие от сине-зеленых водорослей (цианобактерий) клетки хлореллы не образуют связанных колоний и не слипаются между собой, поэтому в воде не появляется видимых хлопьев или поверхностной плёнки.

За несколько дней хлорелла становится доминирующей микроводорослью в поверхностном слое воды, насыщая его кислородом и удаляя из него излишки углекислого газа, различные органические и неорганические загрязнения. При этом хлорелла предотвращает процесс гниения органических соединений, тем самым снижая количество патогенной микрофлоры.

Поскольку сама хлорелла и ее метаболиты (выделяемые в процессе жизнедеятельности вещества) являются наилучшим кормом для зоопланктона (рачков, дафний и других полезных микроорганизмов, являющихся кормом для рыб), то численность зоопланктона в водоеме увеличивается в разы, а численность хлореллы в какой-то момент начинает регулироваться естественным путем — **цветение водоема при переизбытке микроводоросли хлорелла в принципе невозможно.**

В зимний период, когда хлорелла не может активно размножаться (из-за низкой температуры воды и/или отсутствия достаточного количества света подо льдом), она практически полностью съедается зоопланктоном.

Проведение альголизации в течение 3-4 сезонов подряд позволит полностью избавить водоем от сине-зеленых водорослей и, зачастую, нормализует прилегающие к водоему экосистемы.

Существует и другая точка зрения на целесообразность применения хлореллы. «Последствия применения хлореллы при внесении ее в водоисточники неоднозначны, в лучшем случае нейтральны, а в некоторых случаях могут привести к перестройке структуры альгонезов и активизации процессов загрязнения водоемов не только сине-зелеными водорослями, но и различными гнилостными, условно-патогенными и патогенными микроорганизмами» - считает Т. Грязева, заведующая кафедрой микробиологии Московской государственной академии ветеринарной медицины и биотехнологии, доктор биологических наук. По мнению профессора, у метода альголизации отсутствует научная и надежная, статистически обработанная доказательная база, а производители хлореллы придали ей свойства, которыми она не обладает.

В некоторых случаях, хлорелла может даже нарушить экологическое равновесие, что ускорит деградацию водоема. В частности, хлорелла в воде начнет быстро размножаться, поглощая кислород и стремится вытеснить сине-зеленые водоросли. В ответ те также начнут быстро размножаться, чтобы в свою очередь вытеснить хлореллу.

Тем не менее, использование **хлореллы для очистки сточных вод** распространяется все шире. Их культивируют в промышленных сточных водах для того, чтобы активизировать процессы самоочищения. В дальнейшем излишняя органическая масса будет использоваться для получения метана, который планируется применять в сельскохозяйственном и промышленном производстве.

1. **Положительный опыт использования хлореллы и требования к ее выращиванию.**

Одним из мест, где применялся метод очистки воды при использовании хлореллы было Матырское водохранилище Липецкой области. Целью было восстановить экологическую системы Матырского водохранилища. Для реализации цели была проведена альголизация водоема штаммом Chlorellavulgaris BIN. В качестве основных показателей проведенных работ были использованы гидрохимические показатели качества воды, количественный и качественный состав фитопланктона Матырского водохранилища. Результаты альголизациисравнивались с контрольным заливом (Пионерский пруд), в котором данные работы не проводились. В итоге качество вод по ряду контролируемых показателей изменилось в лучшую сторону. Помимо данных результатов, по сравнению с 2008 годом альголизация позволила предотвратить в 2009 году «цветение» воды сине-зелеными водорослями[[14]](#footnote-15).

Целью работы на Ижевском водохранилище Удмурсткой области и метод ее реализации аналогичен проводимой методике на Матырском водохранилище. Было проведено две альголизации в 2009 году штаммом Chlorellavulgaris ИФР № С-111, полученным по ТУ 9284-001-12001826- 05. Первое вселение объемом 1,5 тонны было проведено 23 апреля после весеннего половодья в пяти местах водоема (общая площадь водоема 24 км 2). Второе проходило в мае после паводка общим объемом 2 тонны. Результаты эксперимента схожи с результатами предыдущего примера и наблюдаются уже в первый год альголизации.

В последующем было показано, что вселение штамма хлореллы в декоративные мини-пруды не оказывает результата очистки: в прудах появились нитчатые водоросли, с которыми хлорелла не способна бороться (пруд в г.Тольятти)[[15]](#footnote-16).

В 2020 г. ООО НПО АБТ провела опытно-промышленный эксперимент  по биологической реабилитации водоема-приемника сточных вод одного из металлургических комбинатов РФ методом коррекции альгоценоза путем вселения микроводоросли хлорелла штамма Chlorellakessleri ВКПМ А1-11 ARW, который подтвердил свою эффективность. Ведущими загрязняющими веществами являлись сероводород, взвешенные вещества, фториды, цинк, нефтепродукты и нитриты. Реабилитация проводилась в летне-осенний период (с августа по ноябрь) 2020 г.

Проведение биологической реабилитации пруда методом коррекции альгоценоза привело к тому, что по сравнению с 2019 г. реакция среды стала более щелочной. Это способствовало меньшей гидрохимической активности ряда поллютантов (загрязнителей), в числе которых тяжелые металлы, нефтепродукты, фенолы и триада азота. Кроме этого, это способствует меньшей активности сульфатвосстанавливающих бактерий, продуцирующих сероводород.

Кроме того, альголизация способствовала значительному снижению концентрации общего железа, общего хрома, фенолов и нефтепродуктов, что подтвердило вышеизложенные закономерности.

Экосистемы по степени кризисности находится на стадии обратимых изменений. В условиях данных возможностей экосистем пруда превышения количества тяжелых металлов и сероводорода, утилизация которых требует насыщения воды кислородом, рекомендуется:

– продолжать биологическую реабилитацию водоема путем вселения хлореллы штамма сроком не менее четырех лет, или два года спустя после окончания дноуглубительных работ для установления стабильного снижения значений по таким параметрам как нефтепродукты, аммоний, нитраты, сульфаты, сероводород, увеличения содержания кислорода для утилизации сероводорода;

– увеличить объем альголизанта (суспензия хлореллы) в периоды с марта по апрель до окончания дноуглубительных работ земснаряда для снижения риска развития токсичных видов цианобактерий;

– использовать биоремедиацию(комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферы с использованием метаболического потенциала биологических объектов) путем вселения макрофитов: гиацинта водяного (Eichorniacrassipes) и пистии (Pistiastratiotes) в прибрежных частях пруда, отделенных камышовыми заграждениями, для осуществления системного очищения водоема. Эти виды неоднократно зарекомендовали себя как эффективные депонирующие растения для тяжелых металлов, утилизирующие соединения с биогенными элементами, особенно в совокупности с микроводорослями.

Помимо улучшения водоема по гидрохимическим и гидробиологическим показателям работа по биологической реабилитации привела к существенному снижению платы за негативное воздействие на окружающую среду. Расчеты показали, что проведение биологической реабилитации пруда позволило сократить ущерб водному объекту на 51 319 307 руб. Это обусловлено снижением концентрации нефтепродуктов в десятки раз и полным избавлением водоема от загрязнения фенолами[[16]](#footnote-17).

В настоящее время принят документ[[17]](#footnote-18), в котором содержаться технические требования к реабилитации водных объектов методом коррекции альгоценоза.

Технология (метод) предотвращения "цветения" водных объектов сине-зелеными водорослями (цианобактериями), обезвреживания сточных вод сельскохозяйственных и промышленных предприятий, утилизации избыточных концентраций неорганических и органических химических элементов в водной среде, уничтожения патогенной микрофлоры водных объектов - альголизация - должна соответствовать требованиям настоящего стандарта и техническим условиям, разработанным в установленном порядке.

Технология альголизации водных объектов должна обеспечивать их максимальную реабилитацию в условиях реально существующего внешнего воздействия (сбросы неочищенных стоков и т.п.). Это значит, что необходимо:

- повышение уровня растворенного кислорода;

- снижение биохимического (БПК) и химического потребления кислорода (ХПК);

- снижение количества болезнетворных бактерий;

- уменьшение концентрации нефтепродуктов;

- снижение содержания тяжелых металлов;

- повышение уровня фито- и зоопланктона;

- снижение концентрации химических элементов, в том числе азота и фосфора;

- снижение обсемененности воды патогенной микрофлорой;

- значительное улучшение органолептических характеристик (увеличение прозрачности, устранение неприятного запаха).

Технологию следует применять при проведении работ по реабилитации как природных, так и искусственных водохранилищ, источников водоснабжения сельскохозяйственных и промышленных предприятий, водоемов накопителей сточных вод, шламоотстойников органических и неорганических отходов производства и других водных объектов.

Предусмотрены конкретные этапы метода альголизации, начиная от исследования (определяется степень антропогенного воздействия и степень загрязнения водоема (гидрология, гидрохимия, биоценоз), температурный режим) до технологического надзора. В процессе необходимо определить способность того или иного штампа хлореллы развиваться в конкретном водоеме и учитывать объемы, сроки, кратность и местаего вселения.

Места внесения суспензии хлореллы, например, рассчитывают в целях ее распространения по всей акватории водоема.

1. **Культивирование хлореллы в домашних условиях.**

По результатам вселения хлореллы в различные водоемы установлено положительное влияние на качество воды в водоеме. Применение хлореллы позволяет повысить уровень кислорода, обеспечить экологическое и биологическое равновесие в опытном водоеме, а также снизить концентрацию аммония, нитритов и стабилизировать их на безопасном уровне.

Кроме того, хлорелла имеет и ряд других положительных качеств, так как в ее состав входят все незаменимые аминокислоты, а питательная ценность ее белка в 2 раза превосходит таковую для соевого белка. Еебелок равноценен белку сухого молока или мяса. Полезные веществасодержатся не только в самой хлорелле, но и в той среде, где онавыращивается (культуральная среда хлореллы).

Наша цель – провести экспериментальное выращивание микроводоросли хлорелла и выявить наиболее оптимальные условия ее выращивания.

Известно, что хлорелла может развиваться в различных питательных средах: минеральной органической,органно-минеральной. Основные элементы: азот, фосфор, сера, магний, железо.

Для выращивания хлореллы важен температурный режим. Оптимальная температура выращивания зависит от типа культивируемого штамма хлореллы. Температурный режим в установках поддерживается с помощью электронагревателей, источников света.

Большое значение в ускорении фотосинтеза имеет свет. В качестве источников света можно использовать люминесцентные лампы на высоте 15−20 см от поверхности суспензии, чтобы ее внутренние слои получали достаточно света.

Для развития водорослей большое значение имеет рН среды. Большинство водорослей предпочитают нейтральную или слабощелочную реакцию, равную 7,0−7,6[[18]](#footnote-19).

**ОПИСАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Для проведения эксперимента по выращиванию хлореллы в домашних условиях понадобятся следующие материалы и оборудование:

1. Пробирки или стаканы для выращивания хлореллы.

2. Водорослевая культура хлореллы.

3. Специальная среда для выращивания водорослей (можно использовать обычную воду, но лучше подготовить специальный питательный раствор).

4. Источник света (лампа или солнечный свет).

5. Термометр для контроля температуры.

6. Лупа или микроскоп для наблюдения за ростом хлореллы.

Этапы практической работы:

1. Подготовка среды для выращивания хлореллы:готовим пробирки или стаканы, наполняем их специальной средой или водой.

2. Засев хлореллы: добавляем водорослевую культуру хлореллы в каждую пробирку или стакан с средой.

3. Обеспечение условий для роста: размещаем пробирки или стаканы в месте, где есть доступ к свету (лучше всего использовать искусственный свет с периодичностью 12 часов света и 12 часов тьмы), контролируйте температуру (идеально около 25-30 градусов Цельсия).

4. Наблюдение и уход: регулярно наблюдаем за ростом хлореллы, контролируем уровень воды, температуру и освещенность. При необходимости добавляем питательные вещества или меняйте среду.

5. Измерение результатов: через определенное время (1, 2 и 3 недели) оцениваем результаты эксперимента, сравниваем рост хлореллы в разных условиях, делаем выводы.

ЭТАП 1.

Для начала эксперимента мы подготовили специальную среду для выращивания хлореллы. Мы использовали чистую воду и добавили в нее питательные вещества, необходимые для роста водорослей, такие как азот, фосфор, калий и микроэлементы. Специальная среда для выращивания хлореллы представляет собой среду, в которой обеспечены оптимальные условия для роста и развития водорослей. Эта среда содержит необходимые питательные вещества, вода и другие компоненты, способствующие здоровому росту хлореллы.

Описание используемой среды: для подготовки среды для выращивания хлореллы мы использовали следующие компоненты:

1. Вода: Чистая вода играет ключевую роль в среде для выращивания хлореллы. Мы использовали фильтрованную воду без хлора и других загрязнителей.

2. Питательные вещества: Мы добавили определенные пропорции питательных веществ, необходимых для роста хлореллы. Эти вещества включали азот (например, нитраты или аммоний), фосфор (например, фосфаты), калий и микроэлементы (например, железо, магний, цинк и др.).

Пропорции питательных веществ могут варьироваться в зависимости от конкретных условий и требований для оптимального роста хлореллы. Обычно используются стандартные концентрации, которые обеспечивают достаточное питание для водорослей без избыточного содержания, что может быть вредно для их развития.

Вывод: Подготовка среды для выращивания хлореллы является важным шагом в проведении эксперимента и обеспечивает необходимые условия для успешного роста и развития водорослей.

ЭТАП 2.

После создания оптимальных условий мы провели посев хлореллы в подготовленные контейнеры. Мы добавили небольшое количество хлореллы в каждый контейнер и тщательно перемешали среду для равномерного распределения водорослей.

Мы пользовались продукцией предприятия, находящегося в Екатеринбурге НЕО ЛАЙФ. Компания занимается культивированием живой микроводоросли хлорелла на собственном биотехнологическом предприятии и производит продукты на ее основе.

ЭТАП 3.

Мы разместили контейнеры с подготовленной средой для выращивания хлореллы в специально оборудованной зоне с искусственным освещением. Мы поддерживали температуру около 25-30 градусов Цельсия и обеспечивали периодичность света и тьмы в 12 часов

Вывод: Мы обнаружили, что хлорелла лучше всего растет при температуре около 25-30 градусов Цельсия и при наличии искусственного освещения с периодичностью 12 часов света и 12 часов тьмы.

ЭТАП 4.

- Мы ежедневно наблюдали за ростом и развитием хлореллы, записывали данные о скорости роста, цвете и общем состоянии водорослей. Мы также проводили необходимые процедуры по уходу, такие как добавление питательных веществ и контроль за температурой и освещением.

ЭТАП 5.

По завершении эксперимента мы проанализировали полученные данные и сделали выводы о эффективности выращивания хлореллы в домашних условиях. Мы обнаружили, что хлорелла успешно растет и размножается при созданных нами условиях, что свидетельствует о ее потенциале для использования в биологической очистке водоемов и других экологических технологиях.

Таким образом, эксперимент по выращиванию хлореллы в школе позволил нам не только изучить процесс роста водорослей, но и сделать практические выводы о возможности использования хлореллы в экологически чистых технологиях.

ВЫВОДЫ по эксперименту:

1. Использование специальной питательной среды или воды с добавлением питательных веществ позволяет ускорить рост и развитие хлореллы.

2. Наблюдения за хлореллой показали, что она активно растет и размножается в созданных нами условиях, что свидетельствует о ее высоком потенциале для использования в биологической очистке водоемов.

3. Результаты эксперимента показывают, что хлорелла может быть эффективным инструментом для улучшения качества воды в природных и искусственных водоемах, а также в использовании в экологически чистых технологиях.

4. На основе проведенного эксперимента мы можем сделать вывод, что выращивание хлореллы в домашних условиях возможно и интересный исследовательский проект, который может привлечь внимание учеников к важности биологического разнообразия и экологической устойчивости.

**Заключение**

Целью работы было выявление комфортной среды существования одноклеточной зеленой водоросли хлореллы и ее значения в биологической очистке водоемов. В ходе исследования были выполнены конкретные задачи и проведен эксперимент по выявлению оптимальных условий возникновения, существования и развития хлореллы.

В первом разделе работы удалось рассмотреть значение хлореллы и ее использование. Затем были проанализированы разные точки зрения на возможность использования хлореллы для очистки водоемов. Были описаны примеры положительного и отрицательного опыта использования водоросли для очистки водоемов.

В ходе теоретической части работы были сделаны следующие выводы:

1. Значение хлореллы в природе и жизни человека переоценить невозможно.Исследования по ее изучению и использованию в разных сферах жизни проводятся и дают положительные результаты.
2. Хлорелла используется для очистки воды. Например, для биологической [очистки сточных вод](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0_%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%87%D0%BD%D1%8B%D1%85_%D0%B2%D0%BE%D0%B4). Есть положительный опыт такой работы.
3. Хлорелла может быть эффективным инструментом для улучшения качества воды в природных и искусственных водоемах.
4. В процессе проведения работы по очистке водоемов необходимо определить способность того или иного штампа хлореллы развиваться в конкретном водоеме и учитывать объемы, сроки, кратность и места его вселения. Это требует масштабной работы разных специалистов.

Данная работа содержит и практическую часть, целью которой было провести экспериментальное выращивание микроводоросли хлорелла и выявить наиболее оптимальные условия ее выращивания. В ходе эксперимента были получены конкретные результаты:

1. Использование специальной питательной среды или воды с добавлением питательных веществ позволяет ускорить рост и развитие хлореллы.
2. Наблюдения за хлореллой показали, что она активно растет и размножается в созданных нами условиях, что свидетельствует о ее высоком потенциале для использования в биологической очистке водоемов.
3. На основе проведенного эксперимента мы можем сделать вывод, что выращивание хлореллы в домашних условиях возможно. Это возможно и на малых предприятиях для покрытия потребностей отдельных регионов, что ведет к экологической устойчивости.

**Список литературы**

Джозеф Пристли — [британский](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) священник-[диссентер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8B), естествоиспытатель, [философ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%84), [химик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%BA), общественный деятель. Вошёл в историю, прежде всего, как выдающийся химик, открывший [кислород](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4).

Гинатуллина Е.Н., К.С. Туйчиев, Э.Х. Рахимджанова Выращивание хлореллы открытым способом для повышения продуктивности рыбоводных прудов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 50–56, с. 2.

ГОСТ Р 59977-2022 Биологическая безопасность. Обезвреживание и утилизация биологических и органических материалов. Общие технические условия // Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 января 2022 г. N 1-ст

Лукьянов В.А., Стифеев А.И. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе /Курск: Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2014.-181с., с. 5

Сальникова М.Я. Хлорелла – новый вид корма. М., Колос, 1977 г., 98 с. С. 5.

URL:https:// [Хлорелла — Википедия (wikipedia.org)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0)

1. URL:https://[Вести.Ru: Пензенские «Чистые пруды» очистили микроводорослями](https://www.vesti.ru/doc.html?id=2731385)
2. URL:https://[Нижнетагильский завод ЕВРАЗа высадил в местные пруды более 600 литров водорослей](https://www.znak.com/2018-07-02/nizhnetagilskiy_zavod_evraza_vysadil_v_mestnye_prudy_bolee_600_litrov_vodorosley)

https://yandex.ru/search/-algotec.ru

URL:https://[Тверской ботанический сад восстанавливает исторический пруд с помощью мощного природного иммуностимулятора — ТИА](https://tvernews.ru/news/120574)

1. URL:https://[Санкт-Петербург, Приморский район — Воронежские одноклеточные водоросли помогают очищать водоёмы Приморского района](http://www.rprim.spb.ru/novosti-administraczii/5581-voronezhskie-odnokletochnye-vodorosli-pomogayut-ochishchat-vodoemy-primorskogo-rajona-20140806-175132); [МО Коломяги — официальный сайт В старом парке у Графского пруда](http://www.mokolomyagi.ru/new/info/v-starom-parke-u-grafskogo-pruda)
2. URL:https://[В Тагильский пруд ежегодно вносят хлореллу. Учёные считают, что она не только бесполезна, но может быть и опасна - Новости Нижнего Тагила](https://v-tagile.ru/novosti-nizhnego-tagila/obshchestvo/v-tagilskij-prud-ezhegodno-vnosyat-khlorellu-uchenye-schitayut-chto-ona-ne-tolko-bespolezna-no-mozhet-byt-i-opasna)
3. URL:https://[Ижевский пруд: после третьего звонка](http://piglos.ru/publ/63-1-0-5875)

URL: http://algobiotehnologia.ru/shop/1583818/1583819.html Система электронной торговли ООО НПО «Альгобиотехнология». Матырское водохранилище.

URL: http://prud-tlt.my1.ru/ index/khlorella/СайтMastervodopad. Водоемы искусственные в г. Тольятти

<https://vestnikprom.by/hlorella-nezamenimyj-pomoshhnik-ochistki-stochnyh-vod-promyshlennyh-predprijatij/Хлорелла>-незаменимый источник сточных вод промышленных предприятий.

1. Альголо́гия (от [лат.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%BD%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) alga — морская трава, водоросль и [греч.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) λόγος — учение) — раздел [биологии](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F), изучающий [водоросли](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%BB%D0%B8). [↑](#footnote-ref-2)
2. Лукьянов В.А., Стифеев А.И. Прикладные аспекты применения микроводорослей в агроценозе /Курск: Издательство Курской государственной сельскохозяйственной академии, 2014.-181с., с. 5 [↑](#footnote-ref-3)
3. Джозеф Пристли — [британский](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) священник-[диссентер](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%81%D1%81%D0%B5%D0%BD%D1%82%D0%B5%D1%80%D1%8B), естествоиспытатель, [философ](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%BE%D1%84), [химик](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%BA), общественный деятель. Вошёл в историю, прежде всего, как выдающийся химик, открывший [кислород](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4). [↑](#footnote-ref-4)
4. Сальникова М.Я. Хлорелла – новый вид корма. М., Колос, 1977 г., 98 с. С. 5. [↑](#footnote-ref-5)
5. https://yandex.ru/search/-algotec.ru [↑](#footnote-ref-6)
6. Гинатуллина Е.Н., К.С. Туйчиев, Э.Х. РахимджановаВыращивание хлореллы открытым способом для повышения продуктивности рыбоводных прудов // Научные труды Дальрыбвтуза. 2022. Т. 61, № 3. С. 50–56, с. 2. [↑](#footnote-ref-7)
7. URL:https://[Хлорелла — Википедия (wikipedia.org)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%BB%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%BB%D0%B0) [↑](#footnote-ref-8)
8. URL:https://[Вести.Ru: Пензенские «Чистые пруды» очистили микроводорослями](https://www.vesti.ru/doc.html?id=2731385) [↑](#footnote-ref-9)
9. URL:https://[Нижнетагильский завод ЕВРАЗа высадил в местные пруды более 600 литров водорослей](https://www.znak.com/2018-07-02/nizhnetagilskiy_zavod_evraza_vysadil_v_mestnye_prudy_bolee_600_litrov_vodorosley) [↑](#footnote-ref-10)
10. URL:https://[Тверской ботанический сад восстанавливает исторический пруд с помощью мощного природного иммуностимулятора — ТИА](https://tvernews.ru/news/120574) [↑](#footnote-ref-11)
11. URL:https://[Санкт-Петербург, Приморский район — Воронежские одноклеточные водоросли помогают очищать водоёмы Приморского района](http://www.rprim.spb.ru/novosti-administraczii/5581-voronezhskie-odnokletochnye-vodorosli-pomogayut-ochishchat-vodoemy-primorskogo-rajona-20140806-175132); [МО Коломяги — официальный сайт В старом парке у Графского пруда](http://www.mokolomyagi.ru/new/info/v-starom-parke-u-grafskogo-pruda) [↑](#footnote-ref-12)
12. URL:https://[В Тагильский пруд ежегодно вносят хлореллу. Учёные считают, что она не только бесполезна, но может быть и опасна - Новости Нижнего Тагила](https://v-tagile.ru/novosti-nizhnego-tagila/obshchestvo/v-tagilskij-prud-ezhegodno-vnosyat-khlorellu-uchenye-schitayut-chto-ona-ne-tolko-bespolezna-no-mozhet-byt-i-opasna) [↑](#footnote-ref-13)
13. URL:https://[Ижевский пруд: после третьего звонка](http://piglos.ru/publ/63-1-0-5875) [↑](#footnote-ref-14)
14. URL: http://algobiotehnologia.ru/shop/1583818/1583819.html Система электронной торговли ООО НПО «Альгобиотехнология». Матырское водохранилище. [↑](#footnote-ref-15)
15. URL: http://prud-tlt.my1.ru/ index/khlorella/Сайт Mastervodopad. Водоемы искусственные в г. Тольятти [↑](#footnote-ref-16)
16. <https://vestnikprom.by/hlorella-nezamenimyj-pomoshhnik-ochistki-stochnyh-vod-promyshlennyh-predprijatij/Хлорелла>-незаменимый источник сточных вод промышленных предприятий [↑](#footnote-ref-17)
17. # ГОСТ Р 59977-2022 Биологическая безопасность. Обезвреживание и утилизация биологических и органических материалов. Общие технические условия // Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11 января 2022 г. N 1-ст

    [↑](#footnote-ref-18)
18. Научный вестник // Химико-биологические науки. 2014. № 1(1). 161 c. [↑](#footnote-ref-19)