

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Геологии и нефтегазового дела им К.Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

Контарева Варвара Денисовна
«Разработка технологии зеленой переработки просроченных витаминов»

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

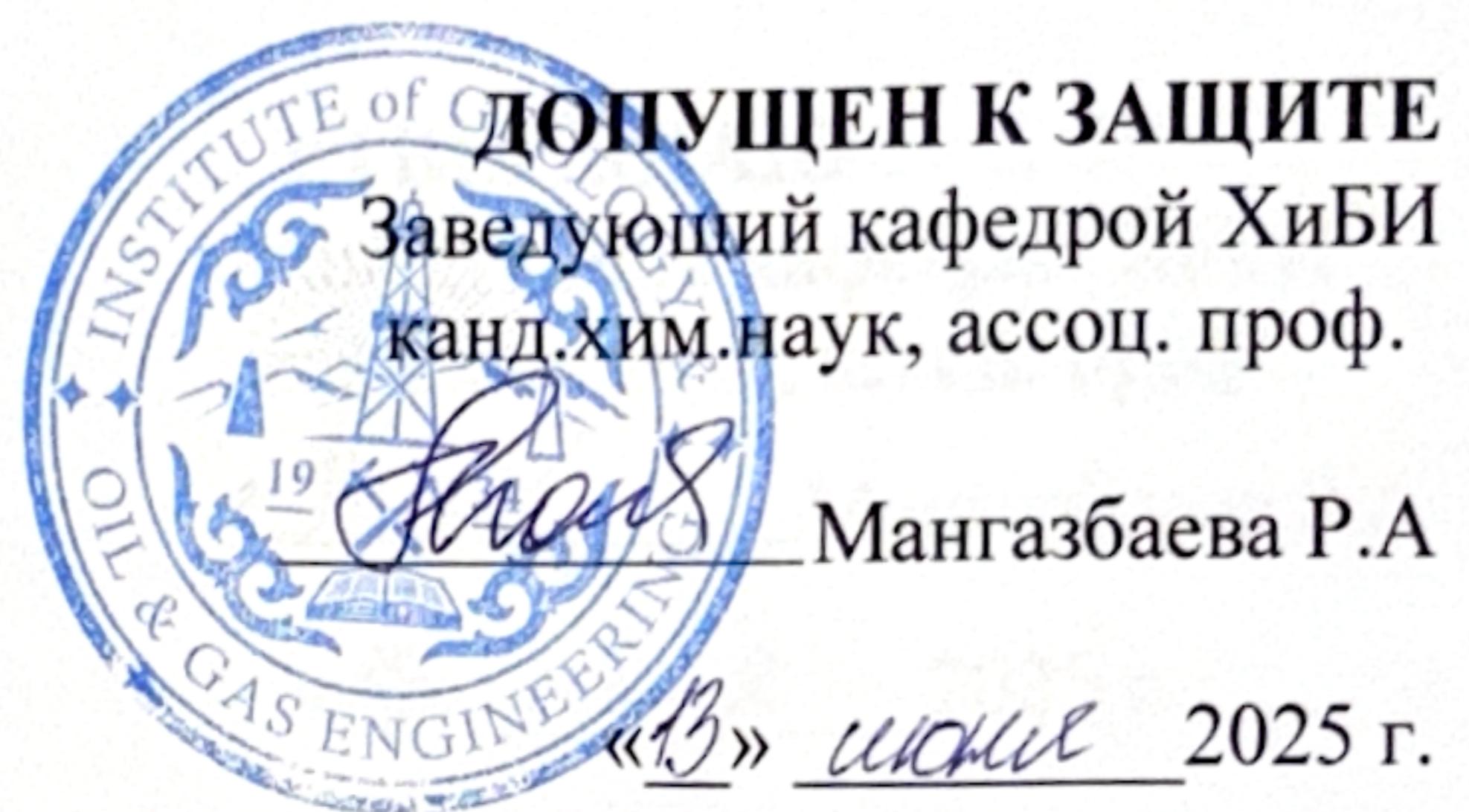
Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Геологии и нефтегазового дела им. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Разработка технологии зеленой переработки просроченных
витаминов»

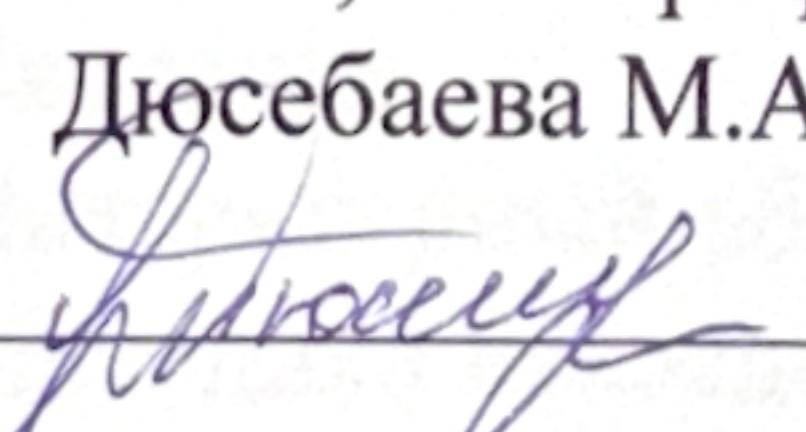
6B05101 - «Химическая и биохимическая инженерия»

Выполнил:

Контарева Варвара

Рецензент

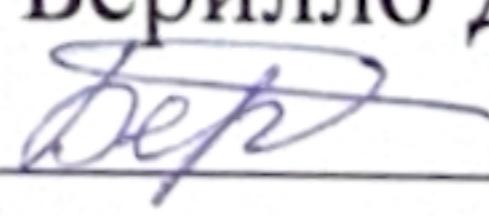
Ph.D., и.о. проф
Дюсебаева М.А.



«13» июня 2025 г.

Научный руководитель

Ph.D., проф.
Берилло Д.А.



«13» июня 2025 г.

Алматы 2025

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

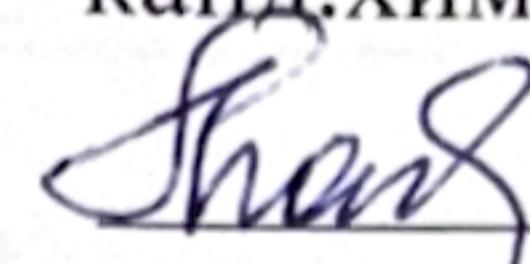
Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный
исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева»

Институт Геологии и нефтегазового дела им. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой ХиБИ
канд.хим.наук, ассоц. проф.

 Мангазбаева Р.А

«13» июня 2025 г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся: Контаревой Варваре Денисовне

Тема дипломной работы: «Разработка технологии зеленой переработки
просроченных витаминов»

Утверждена приказом проректора по академической работе № 26-П/Ө от 29
января 2025 г.

Срок сдачи законченной работы «13» июня 2025 г.

Исходные данные к дипломной работе:

В данной работе был использован штамм микроводорослей *Chlorella vulgaris*
SKO в качестве инструмента для утилизации просроченных ЛС.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Введение
- б) Литературный обзор
- в) Методика исследования, объект и материалы.
- г) Результаты и обсуждение
- д) Заключение

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных
чертежей): Графические материалы состоят из 28 рисунков 7 графиков и 1
таблицы.

Представлены: 15 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература:

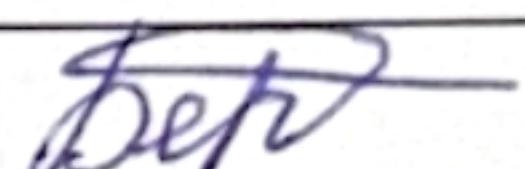
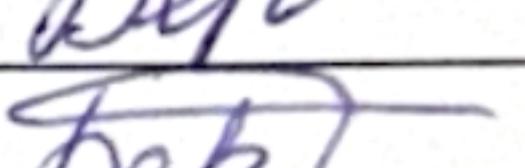
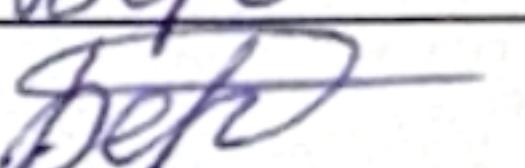
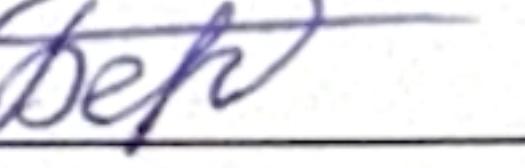
При выполнении работы было использовано 58 литературных источника.

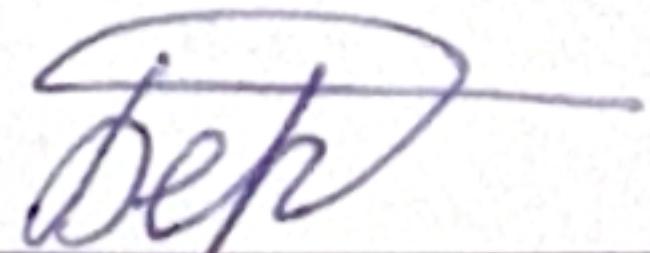
ГРАФИК
ПОДГОТОВКИ ДИПЛОМНОЙ РАБОТЫ

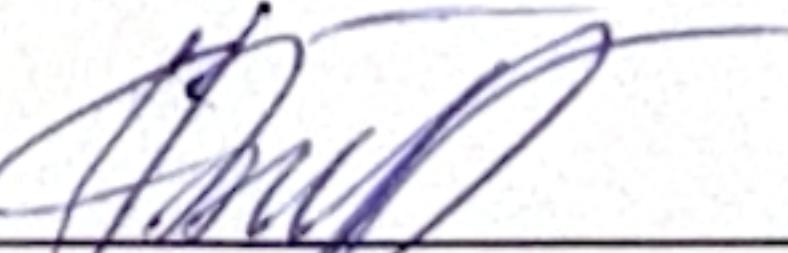
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение	10.01.2025	Выполнено
Литературный обзор	17.01.2025	Выполнено
Методика исследования	25.05.2025	Выполнено
Результаты и обсуждение	05.06.2025	Выполнено
Заключение	05.06.2025	Выполнено

ПОДПИСИ

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу (проект) с указанием относящихся к ним разделов работы (проекта)

Наименование разделов	Научный руководитель	Дата подписания	Подпись
Литературный обзор	Берилло Д. А	17.01.2025	
Методика исследования	Берилло Д. А	25.05.2025	
Результаты	Берилло Д. А	05.06.2025	
Нормоконтролер	Берилло Д. А	05.06.2025	

Научный руководитель  Берилло Д.А.

Задание принял к исполнению обучающийся  Контарева В.Д.

Дата «5» июня 2025 г.

АННОТАЦИЯ

Объем данной дипломной работы составляет 34 страницы. Структура работы включает: введение, аналитический обзор литературы, описание объекта и методик исследования, экспериментальную часть, анализ и обсуждение полученных результатов, заключение и перечень использованной литературы. Содержит 28 рисунков, 1 таблицу. Использовано 58 литературных источников.

Цель исследования: Разработка технологии зеленой переработки просроченных витаминов.

В дипломной работе были исследованы способы получения биомассы *chlorella vulgaris*.

Актуальность темы: разработка технологии зеленой переработки просроченных витаминов с использованием *chlorella vulgaris* является актуальной в связи с загрязнением планеты фармацевтическими отходами, такая технология позволит не только снизить количество отходов, но и получать ценную биомассу для дальнейшего использования.

Научная новизна исследования: впервые в Казахстане и странах СНГ был использован просроченный витаминный препарат для роста биомассы *chlorella vulgaris*.

ANNOTATION

The volume of this diploma work is 34 pages. It includes an introduction, literature review, materials and object of the study, experimental part, results and discussions, conclusion and a list of used literature. Contains 28 figures, 1 table. 58 literary sources were used.

The purpose of the study: Development of technology for green processing of expired vitamins.

In this diploma work, methods for obtaining chlorella vulgaris biomass were investigated.

Relevance of the topic: the development of technology for green processing of expired vitamins using chlorella vulgaris is relevant due to the pollution of the planet with pharmaceutical waste, such technology will not only reduce the amount of waste, but also obtain valuable biomass for further use.

Scientific novelty of the study: for the first time in Kazakhstan and the CIS countries, an expired vitamin preparation was used to grow chlorella vulgaris biomass.

АННОТАЦИЯ

Бұл дипломдық жұмыстың қолемі 34 бет. Ол кіріспеден, әдебиеттерге шолудан, материалдар мен зерттеу объектісінен, эксперименттік бөлімнен, нәтижелер мен талқылаулардан, қорытынды мен пайдаланылған әдебиеттер тізімінен тұрады. Құрамында 28 сурет, 1 кесте бар. 58 әдеби дереккөз пайдаланылды.

Зерттеудің мақсаты: Жарамдылық мерзімі өтіп кеткен витаминдерді жасыл қайта өндеу технологиясын жасау.

Бұл дипломды жұмыста *chlorella vulgaris* биомассасын алу әдістері зерттелді. Тақырыптың өзектілігі: планетаның фармацевтикалық қалдықтармен ластануына байланысты хлорелла *vulgaris* көмегімен жарамдылық мерзімі өткен витаминдерді жасыл қайта өндеу технологиясын жасау өзекті болып табылады; мұндай технология қалдықтардың мөлшерін азайтып қана қоймай, әрі қарай пайдалану үшін құнды биомасса алуға мүмкіндік береді.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы: Қазақстанда және ТМД елдерінде алғаш рет хлорелла *vulgaris* биомассасын өсіру үшін жарамдылық мерзімі өтіп кеткен витаминді препарат қолданылды.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	стр. 9
1. Литературный обзор.....	стр. 10
1.1 Процесс утилизации лекарственных средств	стр. 10
1.2 Методы утилизации.....	стр. 10
1.3 Chlorella vulgaris.....	стр. 11
1.4 Условия обитания.....	стр. 14
1.5 Культивирование Chlorella vulgaris.....	стр. 15
1.6 Применение Chlorella vulgaris.....	стр. 16
1.7 Перспективы использования Chlorella vulgaris в переработке просроченных витаминов.....	стр. 18
2. Материалы, объект и методика исследования.....	стр. 20
Результаты и обсуждения.....	стр. 27
Заключение и выводы.....	стр. 36
Список литературы.....	стр. 37

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире с уклоном на осознанное потребление, сохранение экологии и природных ресурсов особое место занимает вопрос утилизации просроченных лекарственных средств и витаминов. Актуальным решением этой проблемы является применение биотехнологий, таких как культивирование микроводорослей (штамм *chlorella vulgaris*) для переработки витаминов и получения ценной биомассы для дальнейшего применения в различных сферах для человека и животных.

Целью исследования является разработка зеленой технологии переработки просроченных витаминов с использованием хлореллы для получения биомассы, применимой в различных отраслях.

Для выполнения цели были поставлены такие задачи, как:

1. Изучение кинетики роста биомассы, исследование условий роста и развития микроводорослей (штамм *chlorella vulgaris*) в лабораторных условиях.
2. Изучение влияния просроченных ЛС на рост и развитие *chlorella vulgaris*.
3. Оптимизация роста *chlorella vulgaris*.

1. Литературный обзор

1.1 Процесс утилизации лекарственных средств (далее ЛС)

В современном мире вопрос переработки и утилизации фармацевтических отходов приобретают всё большую актуальность, специальные нормы утилизации просроченных ЛС не всегда соблюдаются, они часто выбрасываются в бытовой мусор или сливаются в канализацию, что опасно для человека, животных и экологии.

В обоих случаях таблетки, растворы и сусpenзии могут попадать в грунтовые воды и водоемы, откуда через централизованное водоснабжение они поступают в потребительские системы. Эти вещества выделяют токсичные компоненты, а также кислоты, соли и щелочи. [1]

Утилизировать ЛС нужно не только по истечению срока годности.

Не стоит использовать:

- Таблетки, выпавшие из блистера, т.к. может возникнуть путаница с другими препаратами, условия хранения нарушены, что снижает их эффективность.
- Таблетки, которые изменили свою форму (откололись).
- Таблетки, которые изменили цвет (с белого на желтый).
- Капли, сиропы и др. растворы, которые помутнели, появился осадок на дне или стенках.
- Мази, изменившие текстуру и цвет.
- Слипшиеся капсулы.
- Ампулы, которые разбиты или треснуты.
- Препараты с стертыми этикетками, которые затрудняют понимание их названия, срока годности или даты производства.

1.2 Методы утилизации

Существует несколько методов утилизации фармацевтических отходов, каждый из которых имеет свои особенности в зависимости от типа препарата и условий:

1. Термическая утилизация (сжигание): Этот метод включает сжигание ЛС в специальных установках при высоких температурах. Важно соблюдать строгие экологические нормы, чтобы избежать выбросов токсичных веществ в атмосферу. [2]

2. Химическая нейтрализация: для некоторых препаратов применяется химическая нейтрализация, при которой вещества превращаются в безопасные компоненты. Однако этот метод требует точного контроля, чтобы не образовывались опасные побочные продукты. [2]

3. Биологическая утилизация: Применение микроорганизмов для разложения фармацевтических отходов представляет собой перспективный метод, но он требует дополнительных исследований для оценки его эффективности и безопасности. [3]

4. Захоронение на специализированных полигонах: для препаратов, которые невозможно утилизировать другими методами, применяется захоронение на полигонах для опасных отходов. Этот процесс требует строгого контроля, чтобы избежать загрязнения водоемов. [4]

5. Сортировка и переработка: Некоторые фармацевтические отходы могут быть переработаны или использованы в других отраслях после предварительной обработки, однако этот метод применим не ко всем типам препаратов. [5]

Выбор метода утилизации зависит от различных факторов, химических и физических характеристик препарата, и также от доступных технологий и инфраструктуры территорий. В каждом случае необходимо соблюдать безопасность, санитарные и экологические нормы.

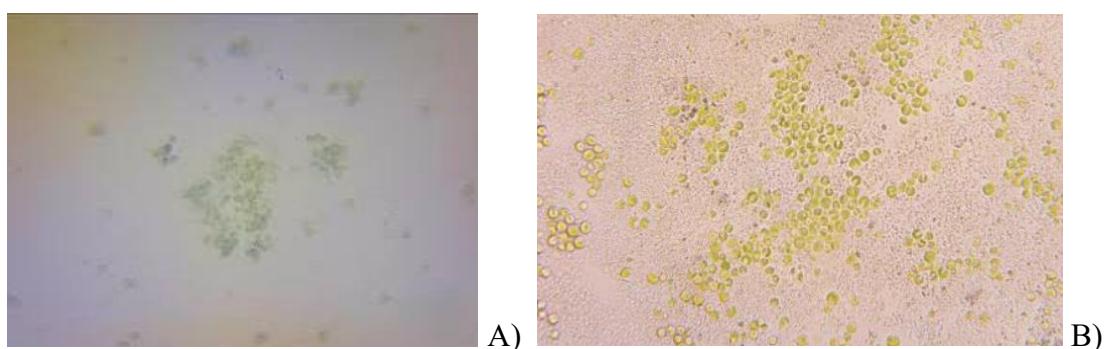
1.3 Chlorella vulgaris

Хлорелла (штамм *Chlorella vulgaris*) - является зеленой эукаротической микроводорослью из рода *Chlorella*, семейство микроскопических водных растений (зеленых водорослей). В прошлом веке использовалась в качестве источника белка. [6]

1.3.1 Характеристика вида.

Клетки одноклеточной водоросли (Рисунок 1) имеют сферическую форму и гладкую наружную оболочку. Их диаметр варьируется от 2,2 до 6,7 мкм, а в стадии формирования автоспор достигает примерно 7,8 мкм. Различные виды хлореллы характеризуются неприхотливостью к условиям окружающей среды и способностью к быстрому размножению. Благодаря высокому содержанию хлорофилла и редких питательных компонентов, хлорелла активно участвует в фотосинтезе, усваивает углекислый газ и обогащает атмосферу кислородом. [9]

1.3.2 Строение клетки.



(Рисунок 1.1 [23] – А) B) *chlorella vulgaris* sko под световым микроскопом)

У *chlorella vulgaris* клеточная стенка имеет сложную многослойную структуру, обеспечивающую надёжную защиту ядра от воздействия патогенных микроорганизмов. Она включает три уровня, при этом центральный слой, являющийся наиболее массивным, сформирован из

целлюлозы. Внешний слой состоит из каротиноидного полимера, обладающего способностью связывать и выводить токсичные вещества. Хлоропласти характеризуются травянисто-зелёным цветом и окружены двойной мембраной, образованной фосфолипидами. Эндоплазматическая сеть, связанная с хлоропластами, у данного вида отсутствует.[8]

Клеточная оболочка хлореллы также включает в свой состав различные биомолекулы, такие как белки, а также углеводы, например маннозу, ксилозу и другие компоненты. [10].

Следует подчеркнуть, что толщина и состав клеточной стенки хлореллы не являются постоянными характеристиками. Эти параметры могут изменяться не только на разных стадиях роста организма, как отмечалось ранее, но и под воздействием внешних факторов, таких как условия окружающей среды. [9].

Цитоплазма *Chlorella vulgaris* (Рисунок 1.2) является вязкообразной массой, заключённой в пределах плазматической мембраны и содержащей все основные клеточные органеллы. Митохондрии, выполняющие функцию генерации энергии, по своей структуре сходны с митохондриями других эукариотических организмов. Эти органеллы имеют двойную мембрану: внешнюю и внутреннюю, причём последняя образует характерные вмятия - кристы. Внутренняя мембрана отличается высоким содержанием белков (в три раза больше по сравнению с липидами), а сама митохондрия содержит собственную молекулу ДНК, аналогично хлоропласту [9].

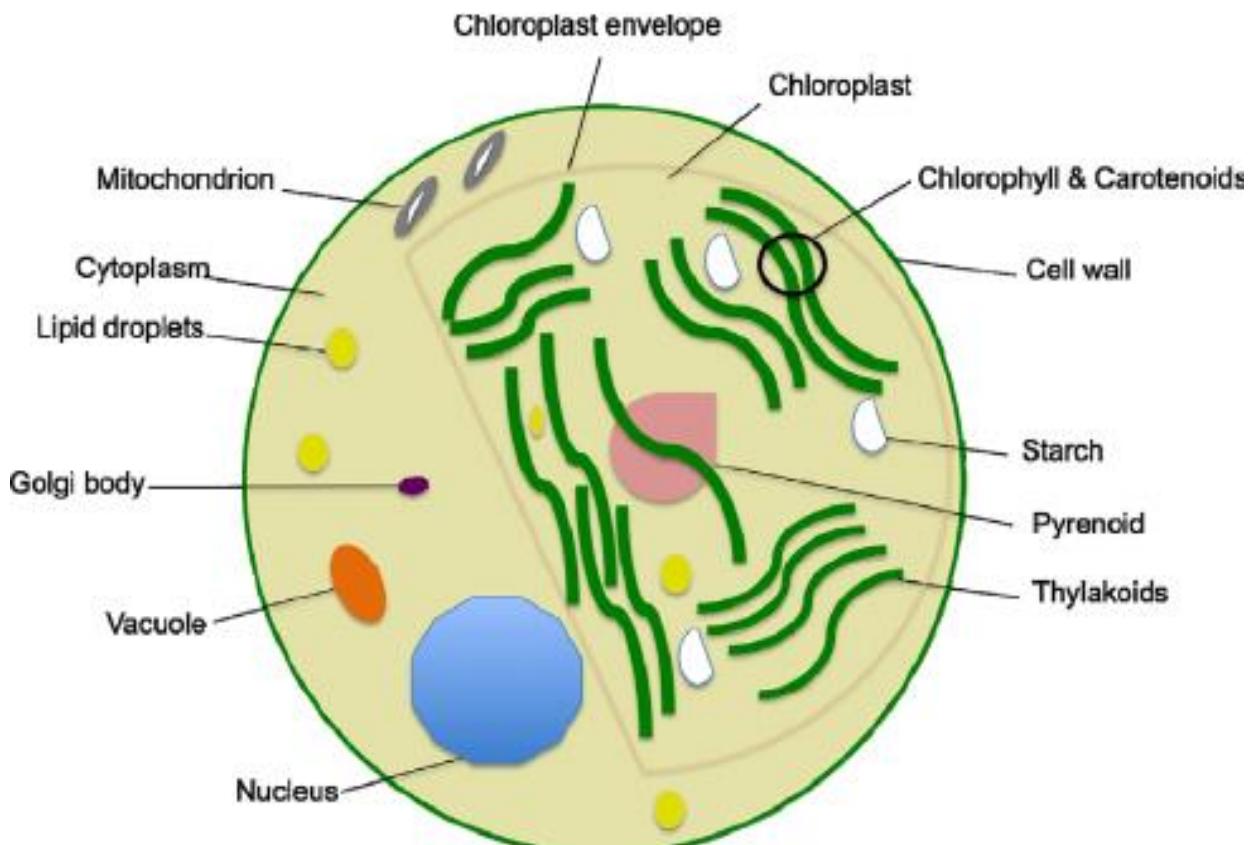
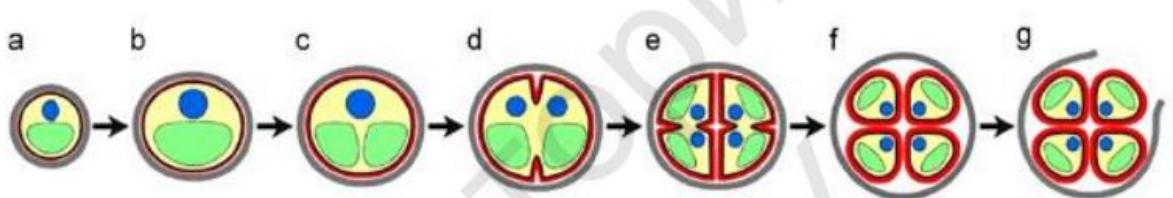


Рисунок 1.2 - Схема внутреннего строения клетки *chlorella vulgaris*. [9]

Хлорелла - фотосинтезирующий автотроф, способный преобразовывать энергию солнечного света в химическую, участвуя в образовании органических веществ, выделении кислорода и фиксации углекислого газа. Эффективность фотосинтетических процессов у *Chlorella vulgaris* напрямую зависит от внешних факторов, что активно учитывается при её выращивании. Обогащение питательных сред CO_2 значительно стимулирует фотосинтетическую активность микроводоросли, что, в свою очередь, способствует ускоренному накоплению биомассы [11].

Chlorella vulgaris размножается исключительно бесполым способом. Каждая гаплоидная клетка проходит два или три митотических деления, в результате чего формируются четыре или восемь автоспор. Эти дочерние клетки начинают образовывать собственные оболочки, находясь внутри оболочки исходной клетки. После завершения формирования автоспоры выходят наружу в результате разрушения стенки материнской клетки (Рисунок 1.3)

Такой процесс по времени занимает примерно 24 часа (сутки). [7]



а - начальная стадия роста; б - поздняя стадия роста; в - стадия деления хлоропластов; г - ранняя стадия деления протопластов; д - поздняя стадия деления протопластов; е - этап формирования дочерних клеток; ж - стадия выхода дочерних клеток из материнской оболочки.

Рисунок 1.3 - Последовательность фаз клеточного деления *Chlorella vulgaris* [9].

Хлорелла - фотосинтезирующий автотроф, способный преобразовывать энергию солнечного света в химическую, участвуя в образовании органических веществ, выделении кислорода и фиксации углекислого газа. Эффективность фотосинтетических процессов у *Chlorella vulgaris* напрямую зависит от внешних факторов, что активно учитывается при её выращивании. Обогащение питательных сред CO_2 значительно стимулирует фотосинтетическую активность микроводоросли, что, в свою очередь, способствует ускоренному накоплению биомассы [11].

Водоросль *Chlorella vulgaris* богата белком и различными ценностями питательными веществами. В высушенному виде её состав включает приблизительно 45% белка, 20% липидов, 20% углеводов, около 5% пищевых волокон и до 10% витаминов и минеральных элементов. Хлорофилл, присутствующий в клетках хлореллы, характеризуется выраженными антисептическими и регенеративными свойствами. Помимо β -каротина и витамина Е, в составе микроводоросли присутствуют витамины группы В, а также витамины С, и широкий спектр минералов, таких как цинк, кальций,

медь, железо, магний и германий. Белок хлореллы отличается высокой биологической ценностью - он вдвое питательнее соевого белка и значительно превосходит по составу растительные кормовые белки. В его составе насчитывается более 40 аминокислот, включая все 23 незаменимые, среди которых - γ -аминомасляная и глутаминовая кислоты, аспарагиновая кислота, цистин, глицин, тирозин, пролин и β -аланин. [8]

1.4 Условия обитания

Chlorella vulgaris отличается высокой адаптивностью к различным условиям среды и интенсивной способностью к размножению, благодаря чему она получила широкое распространение и обитает в самых разнообразных экологических территориях. [7]

Оптимальный температурный диапазон для её культивирования составляет 20-30°C, рост замедляется при температурах ниже 15°C и ухудшается, вплоть до гибели организма, при превышении 35°C. [9]

Данный вид требует интенсивного освещения в диапазоне 10 000-20 000 люкс с предпочтением длин волн синего (430-470 нм) и красного (620-680 нм) спектров. Для лучшего роста рекомендуется либо непрерывное освещение, либо световой цикл 16/8 (16 часов света и 8 часов темноты). [13,15] Оптимальный уровень pH среды варьируется в пределах 6,5-8,0, однако *Chlorella vulgaris* способна переносить более широкий диапазон значений (4,0-10,0), но прирост биомассы будет угнетаться. [9]

Основным источником углерода для *Chlorella vulgaris*, как правило, выступает диоксид углерода (CO₂), при этом его содержание в питательной среде может быть увеличено до 2-5% с целью увеличения интенсивности процессов фотосинтеза. Для полноценного роста необходимы макроэлементы, в первую очередь азот (в виде нитратов, аммонийных соединений или мочевины) и фосфор (в форме фосфатных ионов), а также ряд микроэлементов, включая железо, магний, кальций, калий, цинк и марганец. [11]

Несмотря на то, что *Chlorella vulgaris* относится к пресноводным видам, она демонстрирует среднюю устойчивость к солености, сохраняя жизнеспособность при содержании NaCl до 10 г/л. [14]

Для обеспечения равномерного доступа к свету и газообмена культура требует постоянного перемешивания и аэрации, что также способствует удалению накопившегося кислорода. [21]

Этот вид чувствителен к загрязняющим веществам, в частности к тяжёлым металлам, таким как кадмий (Cd), свинец (Pb), медь (Cu) и ртуть (Hg). При повышении их концентраций выше 0,1-1,0 мг/л наблюдается снижение скорости роста биомассы, угнетение процесса фотосинтеза и резкое выпадение клеток в осадок. Так же хлорелла имеет свойство накапливать тяжелые металлы внутри клеток. [39] [40]

Однако хлорелла может эффективно использоваться для биоремедиации сточных вод за счёт активного поглощения нитратов, фосфатов и токсичных соединений. [21]

Высокая скорость роста и хорошая адаптация к различным условиям делают *Chlorella vulgaris* перспективным объектом для биотехнологических применений, включая переработку просроченных ЛС, производство биотоплива, кормовых и пищевых добавок, а также очистку промышленных и бытовых сточных вод.

1.5 Культивирование *Chlorella vulgaris*

Существует несколько технологий выращивания хлореллы, среди которых наиболее доступной считается культивирование в открытых водоёмах. Этот метод отличается низкой себестоимостью и подходит для масштабного получения биомассы. В качестве резервуаров могут использоваться как естественные, так и специально созданные искусственные водоёмы. Для обеспечения равномерного освещения всех клеток водоросли оптимальной считается глубина водоёма в пределах 15-45 см [16].

Однако у открытых систем имеются свои недостатки, связанные с воздействием внешней среды и отсутствием возможности точного контроля параметров. Возможны значительные потери воды из-за испарения, заражение культуры патогенными микроорганизмами, такими как бактерии (*Pseudomonas spp.*, *Xanthomonas spp.*, *Vibrio spp.*), а также грибами (*Aspergillus spp.*, *Penicillium spp.*, *Mucor spp.*). Кроме того, на эффективность процесса могут влиять резкие температурные колебания, развитие чужеродных водорослей и неравномерное освещение [16].

Наиболее эффективной, хотя и затратной, является технология выращивания *Chlorella vulgaris* в закрытых системах - фотобиореакторах. Такая система позволяет точно регулировать важнейшие параметры, включая кислотность среды, световой поток, температуру и содержание углекислого газа, что значительно повышает стабильность процесса [9].

Фотобиореакторы обычно изготавливаются из прозрачных материалов, преимущественно из стекла, и могут иметь различные формы: узкие вертикальные или горизонтальные панели, а также трубчатые конструкции с петлями, расположенными по спирали, вертикали или горизонтали. Диаметр таких труб, как правило, не превышает 10 - 15 см [16].

Ключевым критерием эффективности фотобиореактора является оптимальное соотношение объёма рабочей среды к площади его поверхности, что позволяет максимально использовать падающий свет [17].

Использование фотобиореакторов обеспечивает получение высокой концентрации клеточной массы - от 10 до 50 г/л [41], а также способствует получению качественного сырья для нужд фармацевтической, пищевой и косметической отраслей [19].

1.6 Применение *Chlorella vulgaris*

Использование хлореллы возможно в различных направлениях, таких как сельское хозяйство, пищевая промышленность и БАДы [24], косметическая промышленность, экология и т.д.

В аграрной практике *Chlorella vulgaris* применяется с целью стимуляции роста и повышения продуктивности животных на откорме. Это особенно актуально в условиях, когда питание на природных пастбищах ограничено сезонностью и не обеспечивает необходимого уровня питательных веществ для **живачных** и **животных** [25].

Показатели жирности молока и прирост массы животных с добавлением *Chlorella vulgaris* в рацион животных:

- **Фризские коровы:** Добавление хлореллы в рацион привело к увеличению фактического выхода молока и 4% скорректированного по жиру молока (4% FCM). Также отмечено повышение содержания белка и жира в молоке, улучшение переваримости питательных веществ и увеличение суточного прироста массы у телят. [38]
- **Козы породы Дамаск:** Добавление 5 или 10 г хлореллы в рацион в течение 12 недель привело к увеличению суточного выхода жира в молоке на 7,0% и 7,8% соответственно, несмотря на снижение содержания жира в молоке на 3,1% и 4,3%. Также наблюдалось увеличение общего выхода молока и улучшение профиля жирных кислот, включая увеличение содержания конъюгированной линолевой кислоты (CLA). [37]

В современном развитии сельского хозяйства рацион животных пополняется водорослями и другими добавками из-за высокого содержания в них белка (в водоросли около 50-50%), а также липидов (2- 20%), витаминов и минералов. Содержание аминокислот в водоросли можно сравнить с составом яичного белка. [26]

Препарат на основе зеленой водоросли *Chlorella vulgaris* - натуральный и экологически безопасный продукт, который хорошо усваивается организмом животных. Попадая в желудочно-кишечный тракт, с ее помощью ускоряется рост и развитие молочнокислых бактерий, так как она служит благоприятной средой для их размножения. [27]

Улучшение переваривания кормов связано с активизацией метаболической деятельности соответствующих бактерий, что способствует более эффективному протеканию процессов ферментации и пищеварения. Благоприятное воздействие суспензии хлореллы на темпы роста ремонтных телок* в молочный период выращивания может быть обусловлено повышением употребляемости растительных кормов и увеличением их питательной ценности. Это подтверждается данными, полученными при анализе пищевого поведения животных по методике, предложенной Венедиктовой Т.Н. (1982), в возрасте одного и трёх месяцев [28].

* Ремонтные телки - Ремонтный молодняк КРС - специально отобранные по определенным признакам телята. Они являются потомством от более производительных коров и племенных производителей.

Биологически активные добавки (БАД) [24] представляют собой соединения или их смеси, предназначенные для употребления вместе с пищей либо включения в состав продуктов питания. Они служат дополнительным источником нутриентов и физиологически активных компонентов, способствуя поддержанию обменных процессов, улучшению функционального состояния органов и систем организма, снижению вероятности развития различных заболеваний, а также восстановлению баланса микрофлоры кишечника и выполнению функции энтеросорбентов. Но БАД не классифицируются как лекарственные препараты и, по мнению ряда специалистов, занимают промежуточное положение между медикаментами и пищевыми продуктами [29].

Chlorella vulgaris отличается высоким содержанием витаминов A, E и C, которые играют важную роль в процессах клеточного роста и дифференцировки. Эти соединения обладают выраженными антиоксидантными свойствами, способствуют улучшению кровоснабжения и поддерживают нормальное функционирование мышц. Также в составе хлореллы присутствуют витамины группы В, участвующие в метаболических реакциях организма. Они необходимы для синтеза ферментов, стимулируют образование эритроцитов, способствуют поддержанию здоровья кожи, волос и мышечной ткани, а также снижают вероятность развития онкологических заболеваний, таких как рак поджелудочной железы [9].

Chlorella vulgaris может применяться в качестве биологически активной добавки в разных формах: жидкой, порошковой, а также в виде таблеток или капсул. Однако таблетированные препараты имеют определённые недостатки: термическая обработка при сушке приводит к потере части биологически активных веществ [30].

В экологической сфере данная микроводоросль находит применение в основном в двух направлениях - биологическая очистка сточных вод и производство альтернативного топлива. Кроме того, она используется в качестве биоиндикатора: изменение численности и состояния популяции хлореллы может свидетельствовать об уровне загрязнения водных объектов. Согласно многочисленным исследованиям, *Chlorella vulgaris* обладает способностью утилизировать до 74% углекислого газа в процессе роста в фитобиореакторах [31].

Она также эффективно удаляет из сточных вод до 97% соединений азота, до 96% фосфора и снижает химическое потребление кислорода (СОД) на 61-86%. Это делает её актуальной для очистки различных типов стоков - от текстильных производств до сельскохозяйственных канализаций. Кроме основных питательных веществ, водоросль поглощает и тяжёлые металлы, а также другие токсичные компоненты. Такой метод очистки является не только экологически чистым, но и экономически оправданным [9].

В качестве сырья для получения биотоплива микроводоросли считаются перспективной альтернативой традиционным растительным источникам. Несмотря на то, что себестоимость топлива на основе микроводорослей пока выше по сравнению с ископаемыми видами, в долгосрочной перспективе их применение может оказаться более выгодным, чем, например, использование зерновых культур [9].

Chlorella vulgaris накапливает значительное количество липидов, особенно при культивировании в миксотрофных условиях, что делает её ценным источником сырья для производства биодизеля. Профиль жирных кислот этой микроводоросли соответствует требованиям международных стандартов [32].

Помимо липидов, хлорелла содержит много крахмала, который можно эффективно использовать для получения этанола [33].

Основными трудностями при производстве биотоплива из микроводорослей остаются высокая стоимость продукции и технологические сложности, мешающие созданию устойчивого промышленного производства [33].

1.7 Возможности применения *Chlorella vulgaris* для утилизации просроченных витаминных препаратов

Современные методы в экологии и биотехнологии требуют поиска новых эффективных методов переработки фармацевтических отходов, в том числе витаминных препаратов с истекшим сроком годности. Одним из перспективных направлений является использование *Chlorella vulgaris* в качестве биологического инструмента для утилизации переработки таких веществ.

Исследования показывают, что добавление витаминов группы В, особенно витамина В₁₂ (кобаламина), может стимулировать рост микроводоросли *Chlorella vulgaris*. [34]

Chlorella vulgaris выращивалась в среде с 3% пищевого дигестата (v/v), содержащего витамин В₁₂, полученный анаэробным сбраживанием.

В лабораторных условиях при этой концентрации рост водоросли был выше, чем в контрольной среде ТАР.

Однако точный процент прироста биомассы по сравнению с контролем численно не указан в тексте, но по графикам он составляет примерно на 15–20% выше в пиковый момент роста (по оптической плотности OD₇₃₀).

В пилотных условиях, наоборот, при 2,75% дигестата биомасса составила 0.25 г/л, а в контроле - 0.46 г/л, что на ≈46% ниже, из-за токсичности аммония при неконтролируемом pH. [34]

По концентрации витамина В₁₂:

Накапливалось до 10.6 мкг В₁₂ на 1 г сухой массы *C. vulgaris*, но концентрация витамина в среде до этого не добавлялась искусственно - он образовался в процессе сбраживания. [34]

В частности, *Chlorella vulgaris* способна поглощать и накапливать экзогенный кобаламин, что способствует её росту [34].

Кроме того, при выращивании на пищевых отходах, содержащих витамин B₁₂, *Chlorella vulgaris* эффективно растёт и накапливает этот витамин. Данное исследование не включает прямого эксперимента по добавлению витамина B₁₂ (он не добавлялся искусственно, а извлекался из готовых продуктов, чтобы определить его форму (активную или псевдо-B₁₂) и концентрацию, исследование было направлено на оценку натурального содержания витамина B₁₂ в микроводорослевых продуктах, доступных потребителям) и измерению роста *Chlorella vulgaris* в процентах относительно контроля. Однако отмечено, что *C. vulgaris* может поглощать и накапливать экзогенный кобаламин, и это способствует её росту. [35]

С помощью высокой адсорбционной способности *Chlorella vulgaris* может поглощать и перерабатывать органические соединения, которые содержатся в витаминах и ЛС. В процессе деструкции некоторые витамины, такие как витамины группы В (тиамин, рибофлавин, пиридоксин), аскорбиновая кислота и др., могут служить дополнительными источниками питательных веществ для роста водорослей. Этот процесс не только снижает нагрузку на окружающую среду, но и позволяет получать биомассу с высоким содержанием биологически активных соединений, пригодную для дальнейшего использования. [8]

Переработка отходов витаминов с использованием *Chlorella vulgaris* может применяться в системах очистки сточных вод в фармацевтической промышленности, где водоросли способны эффективно улавливать и нейтрализовать остатки биологически активных веществ. Более того, выращивание хлореллы в среде, содержащей отходы витаминов, повышает ее пищевую ценность, что позволяет использовать биомассу в качестве добавки к корму сельскохозяйственных животных или в качестве сырья для производства удобрений.

Так, переработка хлореллой просроченных ЛС затрагивает множество сфер человеческой деятельности, открывает новые возможности в экологической безопасности. Такой вариант переработки решает не только утилизацию фармацевтических отходов, но и позволяет получать новые биологически ценные продукты для сельского хозяйства и пищевой промышленности.

2. Материалы, объект и методика исследования.

2.1 Объект исследования.

Для выращивания использовали штамм *Chlorella vulgaris SKO*, а процесс осуществлялся согласно патенту №35004 «Планктонный штамм одноклеточной зелёной водоросли *Chlorella vulgaris* SKO, специализированный для производства биомассы. Штамм *Chlorella vulgaris* SKO зарегистрирован и хранится в Республиканской коллекции микроорганизмов (РКМ) Министерства образования и науки РК под номером: А РКМ - 0870м.

2.2 Материалы и оборудование.

Была использована аэрационная установка для пробулькивания CO₂, воздушные фильтры, питательные среды (упрощенная среда Болда, среда из патента 35004, среда Czapek dox agar).



Рисунок 2.1 – Питательная среда Czapek dox agar

В среду Czapek dox agar (Рисунок 2.1) добавлялись:

- противогрибковое средство Нистатин для подавления роста грибковых микроорганизмов. (Рисунок 2.2)
- антибиотик Цефтриаксон-АКОС для подавления роста нежелательных микроорганизмов. (Рисунок 2.3)

В качестве просроченного витаминного препарата использовался сироп Кальци-Кал. (Рисунок 2.4)



Рисунок 2.2 – Нистатин

Рисунок 2.3 – Цефтриаксон

Рисунок 2.4 – Кальций-кал

Так же для проведения эксперимента в лаборатории использовалась необходимая лабораторная посуда: колбы, пробирки, пипетки, трубы, чашки Петри и тд.

*Состав препарата кальций-кал:

Каждые 5 мл сиропа содержат: Са левулинат 50 мл,

Витамин D3 1000 ме, Витамин B12 10 мл\

Из оборудования использовались:

Автоклав (Рисунок 2.5) Использовался для стерилизации сред и посуды. Его работа проводилась при стандартных условиях, которые обеспечивают стерильность посуды и питательных сред.



Рисунок 2.5 – Автоклав.

Центрифуга (Рисунок 2.6). Применяется для разделения биомассы и питательной среды с использованием центробежной силы при 5000 оборотах 5-7 минут.



Рисунок 2.6 – Лабораторная центрифуга.

Ламинарный бокс. Применяется для посева микроорганизмов на питательную среду в стерильных условиях.

Микробная петля (Рисунок 2.7). Нужна для переноса микроорганизмов на чашку Петри.

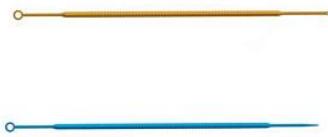


Рисунок 2.7 – Микробная петля.

Плитка. Используется для растворения питательной среды и подогрева.

Паровая баня. Используется для растворения питательной среды и подогрева.

Аналитические весы (Рисунок 2.8) с точностью до двух знаков после запятой.

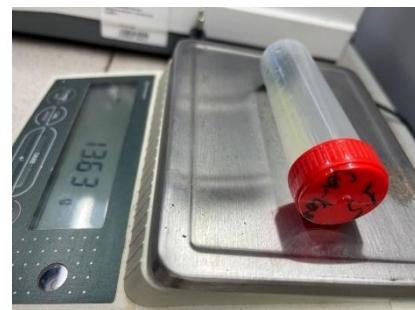


Рисунок 2.8 – Аналитические весы

Спектрофотометр (Рисунок 2.9). Использовался для спектрофотометрического анализа хлореллы и присутствии в растворах примесей и др. веществ.



Рисунок 2.9 – Спектрофотометр

2.3 Получение суспензии хлореллы из питательной среды

Приготовление питательной среды из патента [23].

Состав питательной среды №1(Рисунок 2.10) (Ph 7,8):

- Аммиачная селитра 0,1 -0,2 г;
- Аммофос 15% раствор 0,1-0,15 мл;
- Железо хлорид 1% раствор 0,15-0,17 мл;
- Кобальт азотнокислый 0,01%раствор 0,5-0,6 мл;
- Медь сернокислая 0,01% раствор 0,5-0,7 мл;
- Сернокислый калий 12% раствор 0,33-0,39 мл;
- Водопроводная вода 1000 мл (замена на дистиллированную воду)

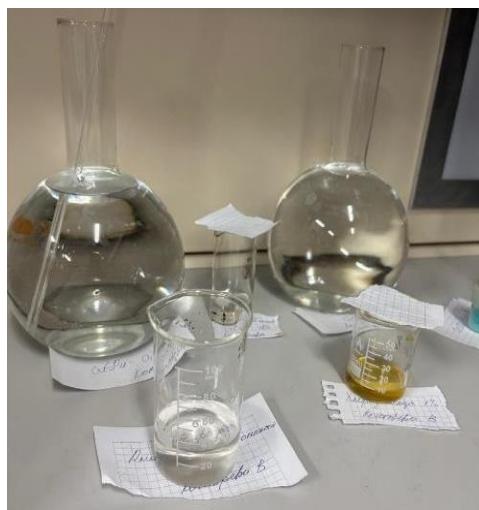


Рисунок 2.10 – Компоненты для приготовления питательной среды.

Среду поделили на две колбы вместимостью по 1 л и отправили в автоклав (Рисунок 2.11).

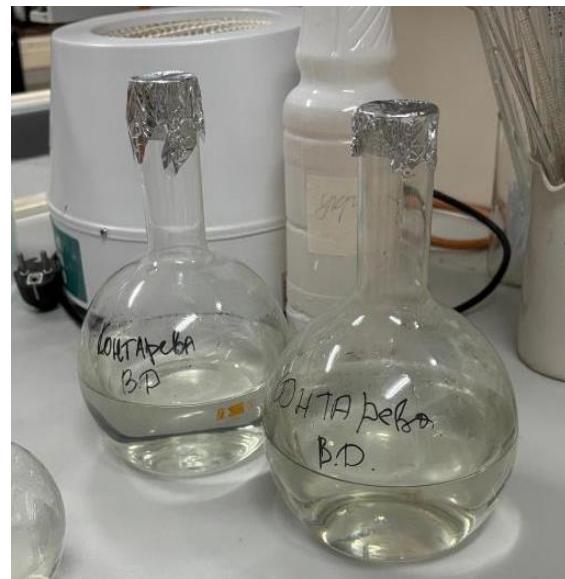


Рисунок 2.11 – Питательная среда.

После, в ламинарном боксе запустили культуру в одну из колб. (Рисунок 2.12), условия культивирования: температура комнатная, постоянное освещение, аэрация.

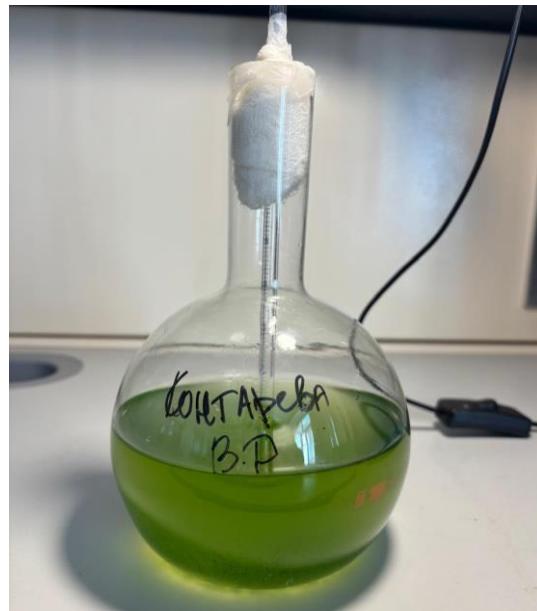


Рисунок 2.12 – Добавление штамма в среду

2.4 Получение суспензии хлореллы из питательной среды упрощенной среды Болда.

Подбор питательной среды осуществлялся путем изучения различных статей по культивированию *chlorella vulgaris*. [36].

Был выбран упрощенный состав среды Болда (состав питательной среды №2) (Ph 7.3):

- Селитра калиевая (KNO_3) – 0.5 г. Источник калия (K) и азота (N).
- Сульфат аммония ($(NH_4)_2SO_4$ – 0.5 г. Источник азота (N) в аммонийной форме.
- Монокалий фосфат (KH_2PO_4) – 0.2 г. Источник фосфора (P) и калия (K).
- Селитра кальциевая ($Ca(NO_3)_2$) – 0.1 г. Источник кальция (Ca) и азота (N).
- Селитра магниевая ($Mg(NO_3)_2$) – 0.2 г. Источник магния (Mg) и азота (N).
- Хелат железа (Fe-EDTA) – 0.01 г. Источник железа (Fe).
- Хелат меди (Cu-EDTA) – 0.0005 г. Источник меди (Cu).
- Сульфат магния ($MgSO_4$) – 0.5 г. Источник магния (Mg) и серы (S).
- 1 литр дистиллированной воды

Среду проавтоклавировали, поделили на 3 колбы и запустили микроводоросли, используя ламинарный шкаф.

Создали установку для пробулькивания CO₂, погрузили компрессор в чашу, которую периодически наполняли содой и уксусной кислотой для выделения CO₂. (Рисунок 2.13)



Рисунок 2.13 – Установка для культивирования *chlorella vulgaris*

Так же оставили два образца в статичном положении, «болотным» методом, в один из которых добавили питательную среду (Рисунок 2.14), а второй оставили неизменным (Рисунок 2.15), лишь добавляли дистиллированную воду по мере испарения жидкости.



Рисунок 2.14 – Статичное положение

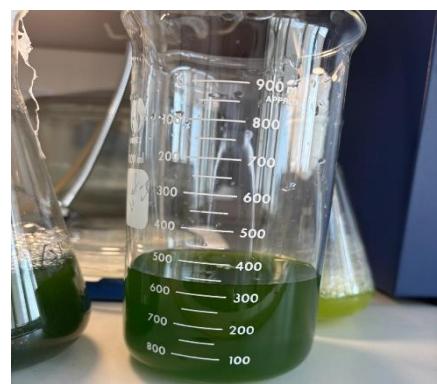


Рисунок 2.15 – Неизменный образец

2.5 Получение биомассы хлореллы на среде с агаром Czapek dox agar.

Выращивание на среде Czapek dox agar (состав питательной среды №3), среду приготовили по инструкции, отправили в автоклав и далее садили хлореллу в ламинарном боксе (Рисунок 2.16).

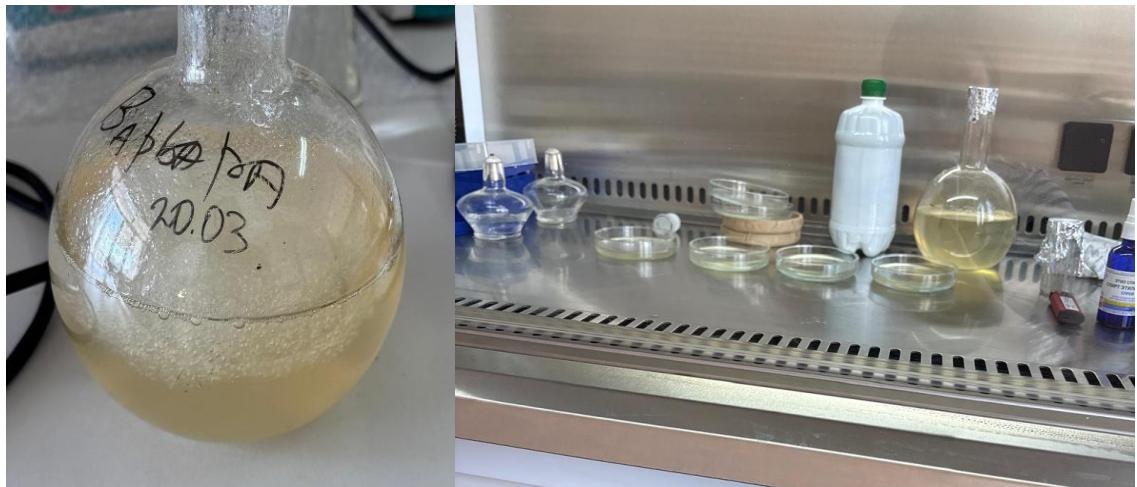


Рисунок 2.16 – Работа в ламинарном боксе со средой Czapek dox agar.

Хлорелла росла, но происходило заражение грибковыми организмами (Рисунок 2.17)



Рисунок 2.17 – Заражение хлореллы

Для подавления роста грибковых организмов добавили антибиотик Цефтриаксон-АКОС (Рисунок 2.2), но и с ним происходило заражение. Далее добавили препарат нистатин (Рисунок 2.3), с которым получилось добиться роста биомассы.

3 Результаты и обсуждение

В работе были получены биомассы хлореллы 3 разными способами:

1. *По патенту [23].* В первую неделю хлорелла развивалась хорошо, Ph поддерживали в пределах 7-8. Пересадили часть хлореллы во вторую колбу с таким же составом питательной среды. (Рисунок 3.1) Также я сделала несколько проб от каждой колбы до и после разбавления.



Рисунок 3.1 – Пересадка хлореллы в среду.

Но еще через неделю произошла контаминация, частички опустились на дно, раствор побелел. Возможными причинами могли стать неподходящий состав среды, нехватка CO₂.

Пробы из колб, взятые из этого эксперимента, позволили сохранить первоначальный штамм, и они пригодились в дальнейшем. Хлорелла осела на дно, приобрела темно-зеленый окрас и продолжала свою жизнедеятельность.

2. *В жидкой питательной среде (упрощенная среда Болда).* Спустя две недели биомасса в колбах (1) и (2) (Рисунок 3.2) увеличилась, раствор потемнел. Однако колба (3) обесцвекилась, и далее погибла.



Рисунок 3.2 – Развитие хлореллы.

Прирост биомассы измерялся путем отбора пробы 2 мл, центрифугирования (Рисунок 3.3) и отделения клеточной жидкости, и высушиванием, а далее взвешиванием биомассы.

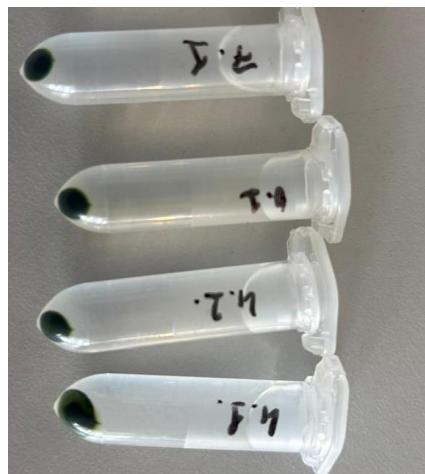


Рисунок 3.3 – Кюветы с хлореллой после центрифугирования.

Результаты: за месяц культивирования прирост биомассы в 2 мл пробы увеличился с 0.0081 и 0,0162 мг до 0.1021 и 0.0989 мг

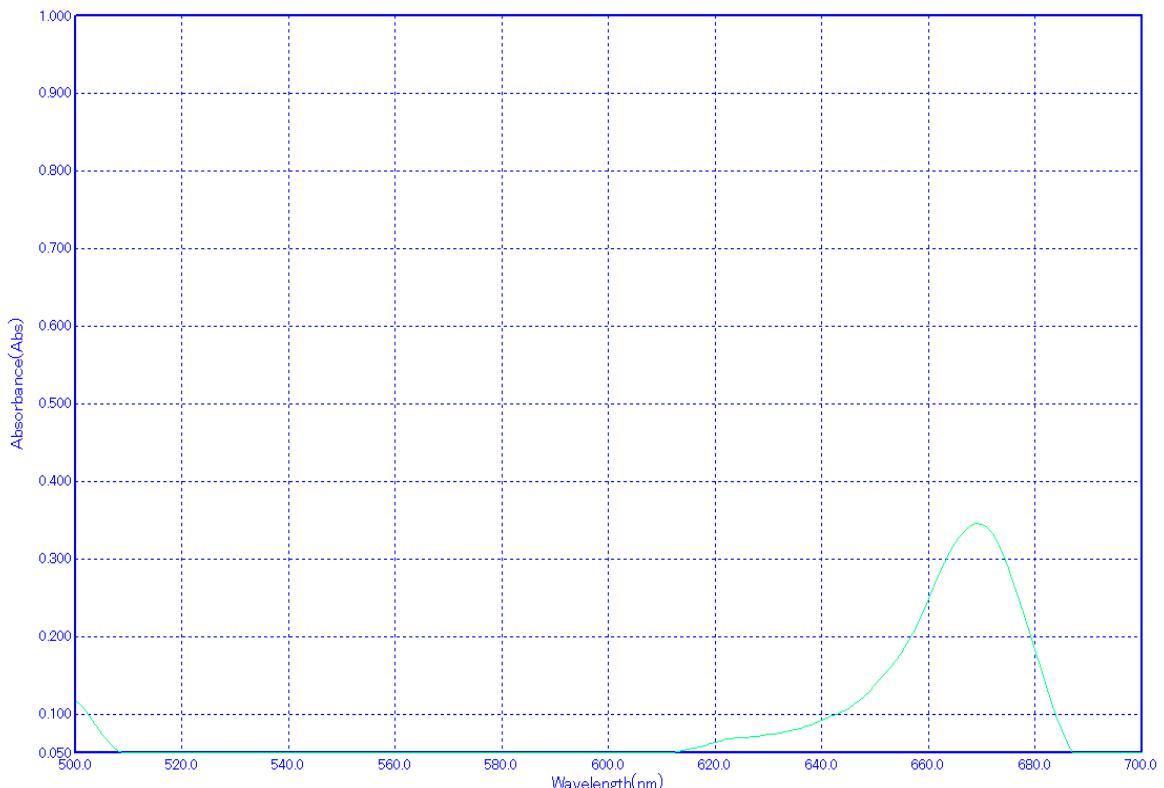


Рисунок 3.4 – Спектрофотометрический график роста *chlorella vulgaris*

Резкий рост абсорбции (см. Рисунок 3.4) в диапазоне 630–680 нм с выраженным пиком около 675–680 нм (максимум поглощения хлорофилла) и достижением оптической плотности ~0.35–0.4 указывает на высокую

фотосинтетическую активность культуры и её нахождение в экспоненциальной или ранней стационарной фазе роста.

После успешного получения прироста биомассы был добавлен просроченный препарат Кальций-Кал в различных концентрациях, 1:200, 1:20 и 1:5. Разбавляли дистиллированной водой. (Рисунок 3.5)



Рисунок 3.5 – Препарат Кальций-Кал

На спектрофотометре был получен график (Рисунок 3.6) препарата кальци-кал, виден явный пик на 200 нм. Далее по нему будет проводиться сравнение результативных графиков.

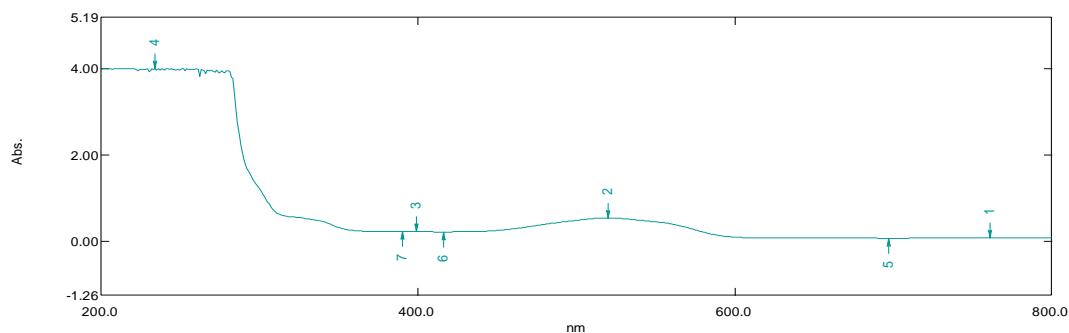


Рисунок 3.6 – Спектрофотометрический график чистого препарата Кальций-кал

В три колбы было добавлено по 150 мл хлореллы с питательной средой, 50 мл дистиллированной воды и по 10 мл растворов препарата Кальций-Кал. (Рисунок 3.7)



Рисунок 3.7 – Установка для культивирования

Проведенный спектрофотометрический анализ показал наличие и препарата и хлореллы на рисунке 3.8

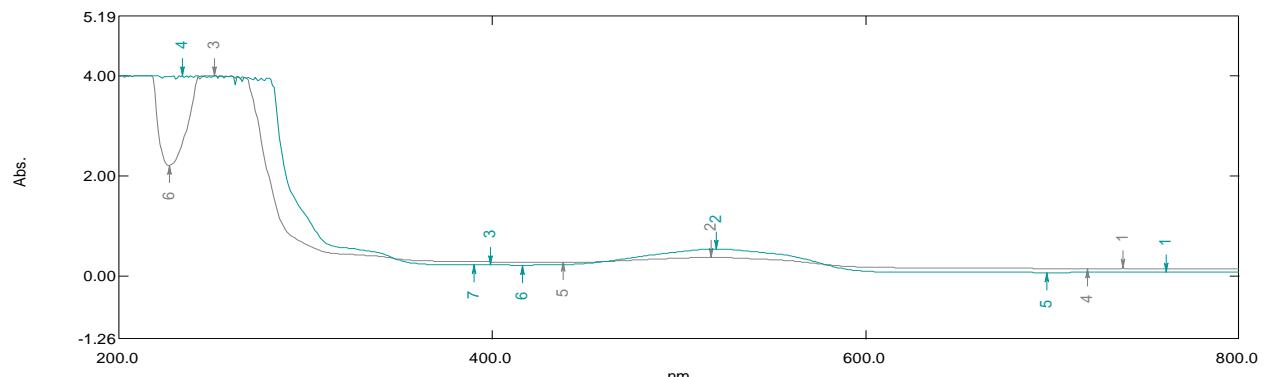


Рисунок 3.8 – Спектрофотометрический график хлореллы с препаратом Кальций-кал

Спустя 2 недели был проведен спектрофотометрический анализ супензий хлореллы с препаратом в различных концентрациях, пики препарата были уже не такими отчетливыми и практически отсутствовали (см. Рисунок 3.8, 3.10).

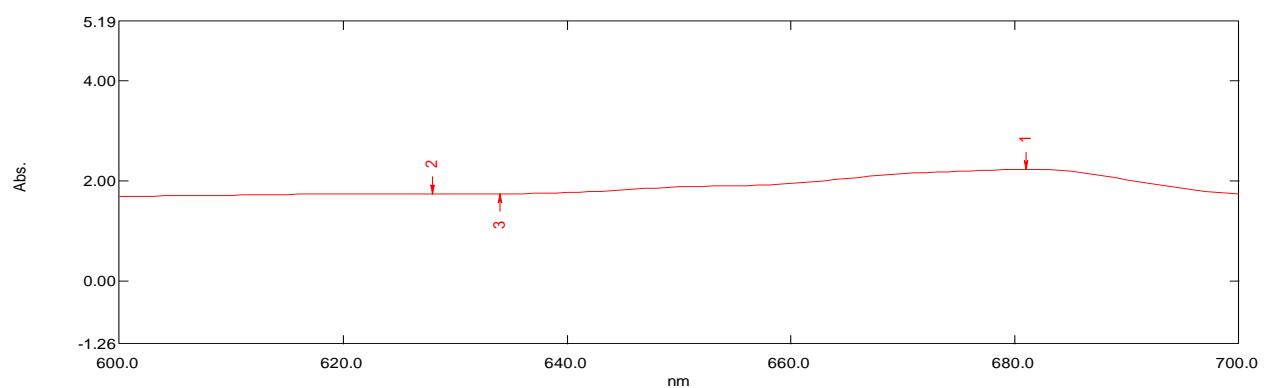


Рисунок 3.9 – Спектрофотометрический график хлореллы с препаратом Кальций-кал (конц.1:20)

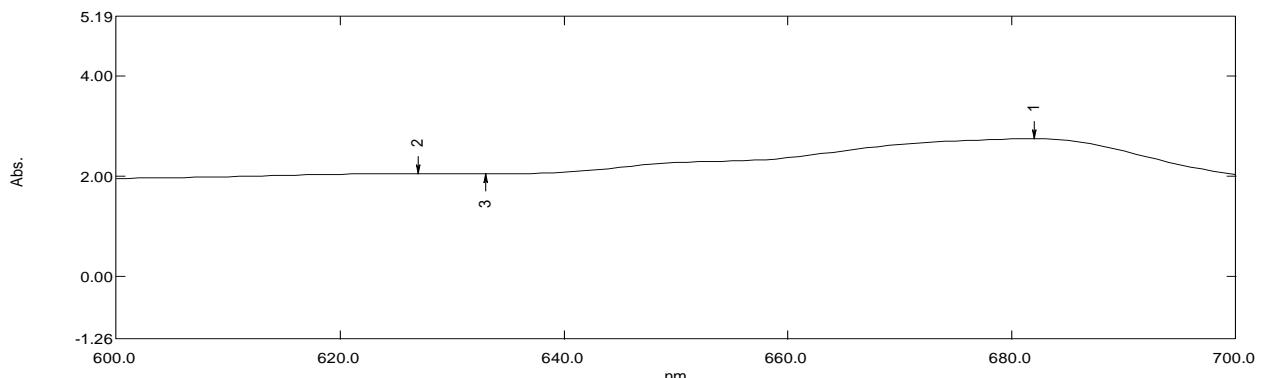


Рисунок 3.10 – Спектрофотометрический график хлореллы с препаратом Кальций-кал (конц.1:5)

Спустя 3 недели от начала эксперимента след препарата отсутствовал полностью. Наилучший результат показан на графике с препаратом в концентрации 1:20, пик препарата отсутствует полностью, присутствует только пик фотосинтеза (см. рисунок 3.11).

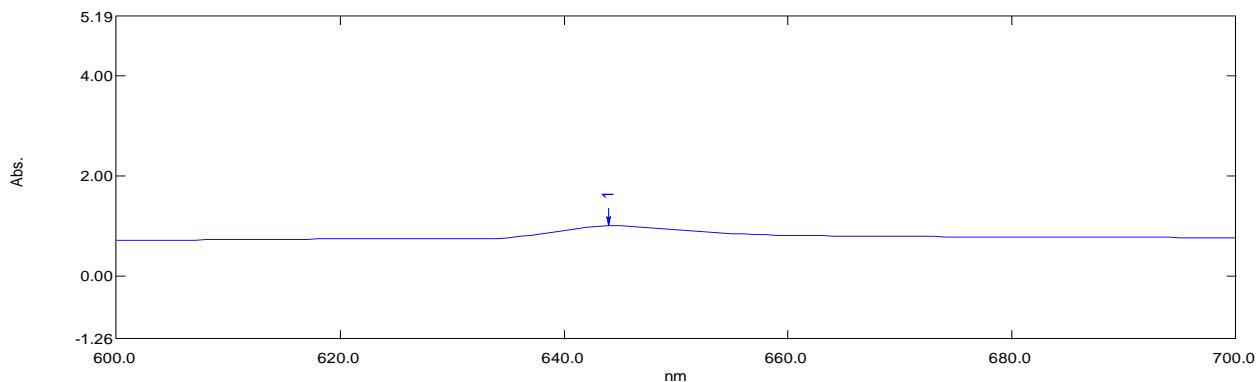


Рисунок 3.11 – Спектрофотометрический график хлореллы с препаратом Кальций-кал

3. *На среде Czapek dox agar.* После добавления противогрибковых препаратов я получила биомассу *chlorella vulgaris* ярко-зеленого цвета (Рисунок 3.12)

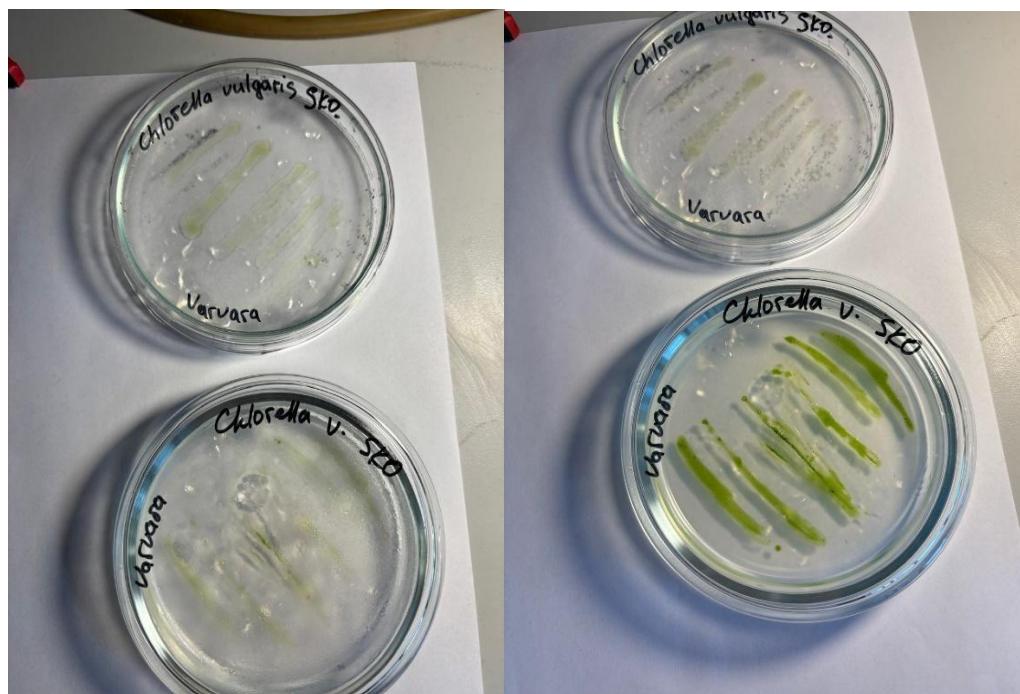


Рисунок 3.12 – Выращивание культуры на чашках Петри.

После успешного выращивания хлореллы на чашке Петри небольшое количество было перенесено в жидкую питательную среду для культивирования. Использовалась среда №2 и подключено к аэрационной установке.

За 12 дней эксперимента (Рисунок 3.13) среда приобрела достаточно насыщенный зеленый цвет и сухая биомасса из 2 мл пробы составила 0.0136 МГ.



Рисунок 3.13 – Поэтапный прирост биомассы

Для проверки активности был проведен спектрофотометрический анализ и получен график:

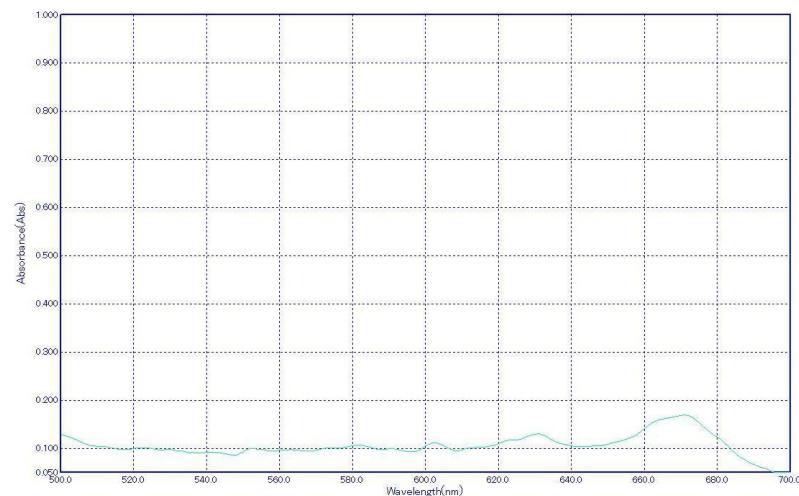


Рисунок 3.14 – Спектрофотометрический график роста хлореллы

Значения абсорбции ниже 0.2 во всём диапазоне, это говорит о низкой концентрации клеток хлореллы в образце или о ранней стадии роста (лаг-фаза или начало экспоненциальной фазы), что подтверждается, так как данный вид был подключен к системе 12 дней назад.

Около 430–680 нм (особенно заметен пик около 675–680 нм): это характерный пик хлорофилла а, который указывает на наличие фотосинтетически активных клеток на графике 3, что подтверждается постепенным изменением насыщенности цвета культуры.

Обобщая результаты, было получено:

13.63 г в 250 мл биомассы хлореллы с препаратом Кальций-кал 1:5
 13.85 г в 250 мл биомассы хлореллы с препаратом Кальций-кал 1:200
 13.53 г в 250 мл биомассы хлореллы с препаратом Кальций-кал 1:20
 14.10 г в 200 мл биомассы хлореллы из выращенной из агара
 32.60 г в 500 мл биомассы чистой культуры *chlorella vulgaris*.

Таблица 1. Сравнение выхода биомассы и состава питательных сред.

Питательная среда	Условия культивирования	Выход биомассы г/л (при пересчете на 1 л)
Состав питательной среды №2 + 10 мл Кальций-кал 1:5	Комнатная температура (около 20-22 С), постоянное освещение, аэрация, пропускание CO ₂	54,52
Состав питательной среды №2 + 10 мл Кальций-кал 1:200	Комнатная температура (около 20-22 С), постоянное освещение, аэрация, пропускание CO ₂	55,4
Состав питательной среды №2 + 10 мл Кальций-кал 1:20	Комнатная температура (около 20-22 С), постоянное освещение, аэрация, пропускание CO ₂	54,12
Состав питательной среды №3	Комнатная температура (около 20-22 С), постоянное освещение, аэрация, пропускание CO ₂	70,5
Состав питательной среды №2	Комнатная температура (около 20-22 С), постоянное освещение, аэрация, пропускание CO ₂	65,2

Далее после окончания работы провели центрифугирование, отделение от культуральной жидкости и лиофильная сушка (Рисунок 3.15) отделенной биомассы всех полученных образцов для дальнейшей сохранности штамма.



Рисунок 3.15 – Лиофильная сушка.

Проведенная работа по культивированию *chlorella vulgaris* на упрощенной среде Болда показала хорошие результаты в сравнении с другими научными работами:

- В исследовании, опубликованном в журнале *Journal of Applied Microbiology and Biotechnology* под названием «Исследование питательных сред для роста и липидогенеза *Chlorella vulgaris*» [45] говорится о максимальной сухой массе биомассы *Chlorella vulgaris* в среде Болда на 12-й день культивирования:
 1420.5 ± 10.2 мг/л (1.42 г/л)
Продуктивность биомассы: 114.208 ± 0.850 мг/л/день
Специфическая скорость роста: 0.279 ± 0.001 день
- В исследовании опубликованному в *Frontiers in Marine Science* «*Productivity and biochemical composition of Chlorella vulgaris cultivated under various environmental conditions: A review*» [16,53] максимальная продуктивность биомассы *Chlorella vulgaris* достигается в интервале 15–20 дней и составляет около 106 мг/л/сут.

Сравним эти данные с нашими результатами. В течение месяца (30 дней) были достигнуты следующие выходы:

- 13,63 г в 250 мл (54,52 г/л) → 1,82 г/л/сут
- 13,85 г в 250 мл (55,4 г/л) → 1,85 г/л/сут
- 13,53 г в 250 мл (54,12 г/л) → 1,80 г/л/сут
- 14,10 г в 200 мл (70,5 г/л) → 2,35 г/л/сут
- 32,60 г в 500 мл (65,2 г/л) → 2,17 г/л/сут

Эти значения превышают данные, приведённые в литературе. Особенно выделяются образцы, выращенные из агара и чистая культура, что говорит о

высокой биотехнологической эффективности применённой методики и потенциальной экономической привлекательности данного подхода.

Положительными сторонами эксперимента можно выделить:

Успешное использование агара. Образец, полученный из агарового инокулята, показал наивысший выход (70,5 г/л), что может быть связано с лучшей адаптацией клеток к условиям культивирования при постепенном переходе из плотной среды в жидкую.

Высокий выход биомассы. Основным успехом данной работы является получение высоких значений сухой биомассы *Chlorella vulgaris* в условиях упрощённой среды. Это говорит о хорошей приспособляемости штамма к упрощённой среде Болда.

Простота среды. Использование упрощённой модификации среды Болда без применения дорогостоящих добавок демонстрирует, что даже при базовом составе можно добиться высоких результатов, что важно для масштабирования процесса.

Недостатками могут выступать:

Ограниченност по масштабу. Эксперименты проводились в небольших объёмах (200–500 мл), что даёт ограниченное представление о поведении культуры в условиях масштабного производства.

Отсутствие ежедневного мониторинга. Мониторинг осуществлялся раз в неделю, что не позволяет узнать точный прирост биомассы в сутки, только мат. расчеты.

Таким образом, полученные данные говорят о высокой эффективности культивирования *Chlorella vulgaris* в лабораторных условиях на упрощённой среде Болда. Использование различных подходов к инокуляции и добавкам позволило достичь хорошего выхода биомассы. Тем не менее, для дальнейшего улучшения процесса необходим учёт технологических параметров, проведение более глубокой биохимической и биокинетической оценки.

Результаты данной работы могут быть использованы в дальнейшем для разработки биотехнологических схем получения биомассы микроводорослей для пищевых, кормовых и энергетических целей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в ходе исследования были выявлены эффективные методы культивирования микроводоросли *Chlorella vulgaris* на различных питательных средах, что позволило оптимизировать условия получения биомассы с высокой продуктивностью. Особое внимание было уделено разработке технологии зеленой переработки просроченного лекарственного препарата Кальций-кал, которая показала высокую эффективность как в стимулировании роста *Chlorella vulgaris*, так и в одновременной биологической утилизации данного препарата.

Результаты экспериментов продемонстрировали, что присутствие Кальций-кал в среде не только не подавляет развитие микроводорослей, но и способствует активному накоплению биомассы.

Разработанная технология является перспективным и экологически безопасным решением проблемы утилизации просроченных лекарственных средств, позволяя минимизировать негативное воздействие на окружающую среду за счет биодеградации фармацевтических компонентов. Внедрение такого подхода может способствовать развитию устойчивого и циклического использования ресурсов, а также поддержке биотехнологических процессов с высокой добавленной стоимостью.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Фармацевтические отходы в окружающей среде: взгляд с позиций культуры. Felicity Thomas. Центр истории медицины, Эксетерский университет, Соединенное Королевство. // Панорама общественного здравоохранения, том 3, выпуск 1, март 2017 г. – с. 133-139 <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/254735/public-health-panorama0301-133-139-rus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. Система ценностей современного общества : Методы утилизации медицинских отходов / Холявко Т.И. - с.101-106 <file:///C:/Users/Admin/Downloads/metody-utilizatsii-meditsinskih-othodov.pdf>
3. С. А. Гринь, И. В. Питак, Н. В. Кошовец, В. А. Пономарев: Биотехнологические процессы при переработке отходов: Учеб. пособ. – Харьков: , 2016. – 156 с. <https://media.neliti.com/media/publications/309135-biotechnological-processes-for-waste-pro-d638fc0b.pdf>
4. Об утверждении перечня видов отходов для захоронения на полигонах различных классов Приказ Министра экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан от 7 сентября 2021 года № 361. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 8 сентября 2021 года № 24280 <https://ecogosfond.kz/wp-content/uploads/2021/09/24280.07-09-2021.rus.pdf>
5. Безопасное управление отходами медико-санитарной деятельности. Краткая информация. Женева: Всемирная организация здравоохранения; 2017 г. (WHO/FWC/WSH/17.05). Лицензия: CC BY-NCSA 3.0 IGO
6. Burczyk, J. The ultrastructure of the outer cell wall-layer of Chlorella mutants with and without sporopollenin / J. Burczyk, M. Hesse // Plant Syst Evol. – 1981. – V. 138. – P. 121-37.
7. Пономаренко, Ю. Суспензия хлорелы в рационах птицы / Ю. Пономаренко, Т. Замковец // Птицеводство. - 2007. - N 8. - С. 27.
8. Олейникова Д.В., Горбунова В.Ю., Краткое обобщение литературных данных о Хлорелле вульгарис (Chlorella vulgaris), ФГБОУ ВО БГПУ им. М.Акмуллы (Уфа, Россия) - 2020
9. Safi, C. Morphology, composition, production, processing and applications of Chlorella vulgaris: A review / C.Safi, B. Zebib, O. Merah, P.Y. Pontalier, C. VacaGarcia // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2014. – V. 35. – P. 265-278.
10. Gerken, H. Enzymatic cell wall degradation of Chlorella vulgaris and other microalgae for biofuels production / H. Gerken, B.S. Donohoe, E.P. Knoshaug // Planta. – 2012. – V. 273, i. 1. – P. 234-56

11. Романенко, В.Д. Видоспецифические особенности роста зеленых водорослей при дополнительном углеродном питании. Сообщение 1. Скорость роста зеленых водорослей при максимальном насыщении среды СО₂ в открытой культивационной системе / В.Д. Романенко, Н.И. Кирипенко, И.Н. Коновец, Ю.Г. Крот // Гибробиологический журнал. – 2010. – №1. – С. 62-74.
12. Bona, F. Semicontinuous nitrogen limitation as convenient operation strategy to maximize fatty acid production in *Neochloris oleoabundans* / F. Bona, A. Capuzzo, M. Franchino, M.E. Maffei // Algal Res. – 2014. – V. 5. – P. 1-6.
13. Interaction Effects of Temperature, Light, Nutrients, and pH on Growth and Competition of *Chlorella vulgaris* and *Anabaena* sp. Strain PCC Shun Long Meng, Xi Chen , Jing Wang, Li Min Fan, Li Ping Qiu, Yao Zheng , Jia Zhang Chen and Pao Xu/ 2021
14. Salt Tolerance and Desalination Abilities of Nine Common Green Microalgae // Isolates Aida Figler, Viktória B-Bére, Dalma Dobronoki , Kamilla Márton , Sándor Alex Nagy and István Bács.2019
15. Кругликова Л. Л., Савинова Д. М. Влияние фотометрических характеристик источника излучения на эффективность выращивания микроводоросли *Chlorella vulgaris* / Л.Л. Кругликова., Д.М. Савинова // Томский политехнический университет, Россия, г. Томск, пр. Ленина. – 2014.
16. Panahi, Y. Impact of Cultivation Condition and Media Content on *Chlorella vulgaris* Composition / Y. Panahi, A.Y. Khosrourshahi, A. Sahebkar, H.R. Heidari // advanced pharmaceutical bulletin. – 2019. – V. 9, i. 2. – P. 182-194.
17. Carvalho, A.P. Microalgal reactors: a review of enclosed system designs and performances / A.P. Carvalho, L.A. Meireles, F.X. Malcata // Biotechnology Progress – 2006. – V. 22, i. 6. – P. 1490-506.
18. Хисамиева Л. И. Витамины и их физиологическое значение: учебнометодическое пособие / Л.И. Хисамиева, И.И. Хабибрахманов, Н.И. Зиятдинова, Т.Л. Зефиров. – Казань: Вестфалика, 2022. — 44 с.
19. Аужанова Н.Б. Морфологическая и систематическая характеристика хлореллы. Ее производство и применение // Научный вестник · 2014 · N · 1(1) · С.113// Режим доступа: <https://ukonf.com/doc/nv.2014.01.pdf#page=113>
20. Мещерякова, Ю.В. Условия культивирования и экстракции триацилглиеринов микроводоросли *Chlorella vulgaris* [Текст] / С.А. Нагорнов, С.В. Романцова, Ю.В. Мещерякова [и др.] // XI международная научно-практическая конференция «Тенденции современной науки» г. Шеффилд. Великобритания. –2015. – С.65 – 67.
21. Дмитрович, Н.П. Влияние условий культивирования на витаминный состав суспензии водорослей *Chlorella vulgaris* (beijerinck) и *Scenedesmus acutus* (meyen). [Текст] / Н.П. Дмитрович, Т.В. Козлова // Биотехнология: достижения и перспективы развития. Сборник материалов II

международной научно-практической конференции. Полесский государственный университет. – г. Пинск, 2018. – С. 58-60.

22. Абдуллагатов И.М., Алхасов А.Б., Догеев Г.Д., Тумалаев Н.Р., Алиев Р.М. Бадавов Г.Б., Алиев А.М., Салихова А.С. Микроводоросли и их технологические применения в энергетике и защите окружающей среды / И.М. Абдуллагатов, А.Б. Алхасов, Г.Д. Догеев, Н.Р. Тумалаев, Р.М. Алиев, Г.Б. Бадавов, А.М. Алиев, А.С. Салихова // Юг России: экология, развитие. – 2018. – №1.

23. Патент 35004 “планктонный штамм одноклеточной зелёной водоросли chlorella vulgaris sko специализированный для получения биомассы” Голодова Ирина Викторовна (КZ); Васильев Николай Викторович (КZ); Солдатова Валентина Александровна (КZ); Рейбандт Александр Иванович (RU).

<https://gosreestr.kazpatent.kz/Gosreestr/DownloadDescription?documentId=2413978>

24. Биологически активные вещества. Витамины, ферменты, гормоны: учебно-методическое пособие / Е.Е. Брешенко, К.И. Мелконян. Под редакцией проф. И.М. Быкова. – Краснодар, 2019. – 125 с.

25. Bature, A. Towards achieving the sustainable development goals by microalgae-livestock systems integration: a review/ A. Bature, L. Melville, K.M. Rahman // Proceedings of the 4th International Conference on Agriculture and Forestry. – 2017. – Vol. 3. – P. 27-39. Bature, A. Towards achieving the sustainable development goals by microalgae-livestock systems integration: a review/ A. Bature, L. Melville, K.M. Rahman // Proceedings of the 4th International Conference on Agriculture and Forestry. – 2017. – Vol. 3. – P. 27-39.

26. Панов, Д.К. Некоторые биохимические показатели крови молодняка крупного рогатого скота при выпойке суспензии микроводоросли / Д.К. Панов, А.И. Патаева, А.Г. Кощаева // Биологические науки. – 2016. – № 7 (49). – Часть 3. – С. 17-19.

27. Мелихов, В.В. Хлорелла в рационах крупного рогатого скота / В.В. Мелихов, М.В. Московец // Экологические проблемы загрязнения водоемов Волжского бассейна, современные методы и пути их решения: мат. Всероссийской науч.-практ. конф. – Волгоград, 2004. – С. 112-114.

28. Третьяков, Е.А. Применение суспензии хлореллы в питании ремонтных телок / Е.А. Третьяков, М.В. Механикова, Т.С. Кулакова // Молодой ученый. – 2016. – № 6.5. – С. 102-105.

29. Беспалов В. Г. Современный взгляд на биологически активные добавки к пище и их использование в лечебно-профилактических целях в клинической медицине / В. Г. Беспалов, В. Б. Некрасова, А. К. Иорданишвили // Медицина. XXI век. – 2007. – № 8. – С. 86-94

30. Liu, J. Biology and Industrial Applications of Chlorella: Advances and Prospects / J. Liu, F. Chen // Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology. – 2014. – V. 1. – P. 35.
31. Keffer, J.E. Use of Chlorella vulgaris for CO₂ mitigation in a photobioreactor / J.E. Keffer, G.T. Kleinheinz // J Ind Microbiol Biotechnol. – 2002. – V. 29. – P. 275-80.
32. Wang, K. Fast pyrolysis of microalgae remnants in a fluidized bed reactor for bio-oil and biochar production / K. Wang, R.C. Brown, S. Homsy, L. Martinez, S.S. Sidhu // Bioresour Technol. – 2013. – V. 127. – P. 494-9.
33. Hirano, A. CO₂ fixation and ethanol production with microalgal photosynthesis and intracellular anaerobic fermentation / A. Hirano, R. Ueda, S. Hirayama, Y. Ogushi // Energy. – 1997. – V. 22. – P. 137-42.
34. Vitamin B12 bioaccumulation in Chlorella vulgaris grown on food waste-derived anaerobic digestate Konstantinos P. Papadopoulos, Marcella Fernandes de Souza, Lorraine Arche, Ana Camila Zenteno Illanes, Ellen L. Harrison, Fiona Taylor, Matthew P. Dave, Daniela Ahuatzin Gallardo, Allan J. Komakec, Shahla Radmehr, Andre Holzer, Erik Meers, Alison G. Smith, Payam Mehrshahi. – 2023. P.1-12.
35. Biologically active or just “pseudo”-vitamin B12 as predominant form in algae-based nutritional supplements Sabrina P. van den Oever, Helmut K. Mayer. -2022. P. 1-8.
36. Growth strategies of Chlorella vulgaris in seawater for a high production of biomass and lipids suitable for biodiesel Ralf Rautenberger, Alexandre D'etain, Kari Skjånes, Peter S.C. Schulze, Viswanath Kiron, Daniela Morales-Sanchez. – 2024. P.1-7.
37. El-Sheikh, M., Salem, M., Abdel-Raheem, S., El-Komy, M., & Gabr, A. (2020). Effects of orally *Chlorella vulgaris* algae additive on productive and reproductive performance of lactating Friesian cows. *Journal of Animal and Poultry Production*, 11(5), 187–195. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/341337004>
38. El-Sherbiny, M., El-Naggar, K., El-Sayed, H., Abou-Zeid, A. E., Ebeid, H. M., & Khattab, M. S. (2020). Dietary *Chlorella vulgaris* microalgae improves feed utilization, milk production and concentrations of conjugated linoleic acids in the milk of Damascus goats. *The Journal of Agricultural Science*, 158(8–9), 655–664. <https://doi.org/10.1017/S0021859621000211>
39. Suppression of Chlorella vulgaris Growth by Cadmium, Lead, and Copper Stress and Its Restoration by Endogenous Brassinolide. Singh, R., Ghosh, S. R. P. K., & Choi, S. M. (2020). *Suppression of Chlorella vulgaris growth by cadmium, lead, and copper*. PMC.

40. Influence of Heavy Metals on the Growth of *Chlorella vulgaris*. Sharma, S. D., Shekhawat, V. S., & Sharma, N. (2021). *Influence of heavy metals on the growth of Chlorella vulgaris*. ResearchGate.
41. Gita Prochazkova a, Petr Kastanek b, Tomas Branyik. / Harvesting freshwater *Chlorella vulgaris* with flocculant derived from spent brewer's yeast. 2015/ p.28-33.
42. Хайбулина Л.С., Суханова Н.В., Кабиров Р.Р. Флора и синтаксономия почвенных водорослей и цианобактерий урбанизированных территорий / С.Л. Хайбулина, Н.В. Суханова, Р.Р. Кабиров // Уфа: АН РБ, Гилем, 2011. 216 с.
43. Liang S., Liu, X., Chen F., & Chen Z. (2004). Current microalgal health food R & D activities in China. Asian Pacific Phycology in the 21st Century: Prospects and Challenges. pp. 45–48. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://clck.ru/Qk4Yd>
44. Третьяков, Е. А. Применение суспензии хлореллы в питании ремонтных телок [Электронный ресурс] / Е. А. Третьяков, М. В. Механикова, Т. С. Кулакова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2016. – № 6.5 (110.5). – С. 102-105.12 мая 2020. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/110/27466/>
45. Sarma S.J., Pugazhendhi A., Kumar G. Growth medium screening for *Chlorella vulgaris* growth and lipid production // *Journal of Aquaculture & Marine Biology*. – 2017. – Vol. 6, № 2. – P. 00156. – DOI: 10.15406/jamb.2017.06.00156.
46. Seyfabadi, J. Protein, fatty acid, and pigment content of *Chlorella vulgaris* under different light regimes / J. Seyfabadi, Z. Ramezanpou, Z.A. Khoeyi // *J. Appl. Phycol.* – 2011. – V. 23. – P. 721-726
47. Митищев А. В., Курдюков Е. Е., Семенова Е. Ф., Фадеева Т. М., Моисеева И. Я., Моисеев Я. П. Фармакотехнологические исследования биомассы *Chlorella vulgaris* С-2019 как перспективного источника получения антибактериальных веществ. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2022;11(2):53–58. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-2-53-58>
48. Беляков К. В. Методологические подходы к определению биологически активных веществ в лекарственном растительном сырье спектрофотометрическим методом. М.: Медицина; 2004. 186 с.
49. Музафаров, А.М Культивирование и применение микроводорослей / А.М. Музафаров, Т.Т. Таубаев. –Т.: Фан УзССР, 1984. –136 с.
50. Hanan, M.K. Comparative effects of autotrophic and heterotrophic growth onsome vitamins, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) free radical scavenging activity, amino acids and protein profile of *Chlorella vulgaris* / M.K. Hanan // *Beijerinck.Afr J Biotechnol.* – 2011. – V. 10. – P. 13514-9.

51. Shim, J.Y. Protective effects of *Chlorella vulgaris* on liver toxicity in cadmium-administered rats / J.Y. Shim, H.S. Shin, J.G. Han, H.S. Park, B.L. Lim, K.W. Chung // J MedFood. – 2008. – V. 11. – P. 479-85.
52. Абдулагатов, И.М. Микроводоросли и их технологии в энергетике и защите окружающей среды. / И.М Абдулагатов, А.Б. Алзхасов, Г.Д. Догеев и др. // Юг России: Экология, развитие. – Москва, 2008. – С. 166-183.
53. Panahi, Y., Dehhaghi, M., & Guillemin, G. J. Productivity and biochemical composition of *Chlorella vulgaris* cultivated under various environmental conditions: A review / Y. Panahi, M. Dehhaghi, G. J. Guillemin // Front. Mar. Sci. – 2022. – V. 9. – Article 837067. – DOI: 10.3389/fmars.2022.837067.
54. Мачнева Н.Л. Перспективы использования хлореллы в сельском хозяйстве / Н.Л. Мачнева, Г.А. Плутахин // Тезисы Третьей Всероссийской научнопрактической конференции молодых ученых «Научное обеспечение агропромышленного комплекса», 18–20 ноября 2009. – Краснодар. – С. 225.
55. Morris H. J., Carrillo O. V., Almarales Á., Bermúdez R. C, Alonso M. E., Borges L, et al. Protein hydrolysates from the alga *Chlorella vulgaris* 87/1 with potentialities in immunonutrition // Biotecnol. Appl. – 2009. – №26. – С. 162-165.
56. Zheng H., Yin J., Gao Z., Huang H., Ji X., Dou C. Disruption of *Chlorella vulg aris* cells for the release of biodiesel producing lipids: a comparison of grinding, ultra sonication, bead milling, enzymatic lysis, and microwaves // Appl. Biochem. Biotech nol. – 2011. – №164. – С. 1215-1224.
57. Khoeyi Z. A., Seyfabadi J., Ramezanpour Z. Effect of light intensity and photo period on biomass and fatty acid composition of the microalgae, *Chlorella vulgaris* // Aquacult. Int. – 2012. – №20. – С. 41-49.
58. Yen, H.W. A two-stage cultivation process for the growth enhancement of *Chlorella vulgaris* / H.W. Yen, J.T. Chang // Bioprocess and Biosystems Engineering. – 2013. – V. 36. – P. 1797-1801.

ОТЗЫВ РЕЦЕНЗЕНТА
на дипломную работу студентки
Контаревой Варвары Денисовны
по теме:
«Разработка технологии зеленой переработки просроченных
витаминов»
по образовательной программе **6В05101 – Химическая и биохимическая**
инженерия

Дипломная работа посвящена одной из актуальных проблем современности — утилизации и экологически безопасной переработки просроченных фармацевтических препаратов. В исследовании рассматривается возможность применения микроводоросли *Chlorella vulgaris* в качестве биотехнологического агента для утилизации и одновременно биоконверсии отходов витаминов.

Работа является междисциплинарной, объединяя в себе подходы и методы экотоксикологии, микробиологии, фармацевтической химии и биоинженерии. Автор продемонстрировала способность к самостоятельному научному мышлению, инициативность в постановке эксперимента и корректную интерпретацию полученных данных. Литературный обзор охватывает современные подходы к устойчивой переработке фармацевтических отходов и методам культивирования водорослей.

В экспериментальной части обоснован выбор питательных сред, проведен подбор условий культивирования, организована фиксация показателей роста биомассы в присутствии различных типов витаминных добавок. Также в работе отражены ограничения, возможные пути масштабирования и предложения по практическому использованию разработанной технологии.

Достоинства работы:

- Вовлеченность студента в актуальную и практически значимую экологическую задачу;
- Наличие экспериментального подтверждения гипотезы;
- Методическая строгость и корректность постановки опытов;
- Четкое соответствие структуры работы требованиям ВКР;
- Логичное изложение материала и наличие аргументированных выводов;
- Подтвержденный потенциал к дальнейшему исследованию и применению результатов на практике.

Замечания:

1. В некоторых разделах работы (особенно в литературном обзоре) наблюдается повтор формулировок, что снижает академическую компактность текста.

2. Оформление таблиц и рисунков частично не соответствует ГОСТ: не везде есть ссылки на них в тексте, нарушен порядок нумерации.

3. Методика количественной оценки роста биомассы могла бы быть описана более подробно, с указанием параметров точности и повторности.

Указанные недостатки носят частный характер и могут быть устранены при редактуре. В целом, работа производит **благоприятное впечатление** и отвечает критериям выпускной квалификационной работы бакалавра.

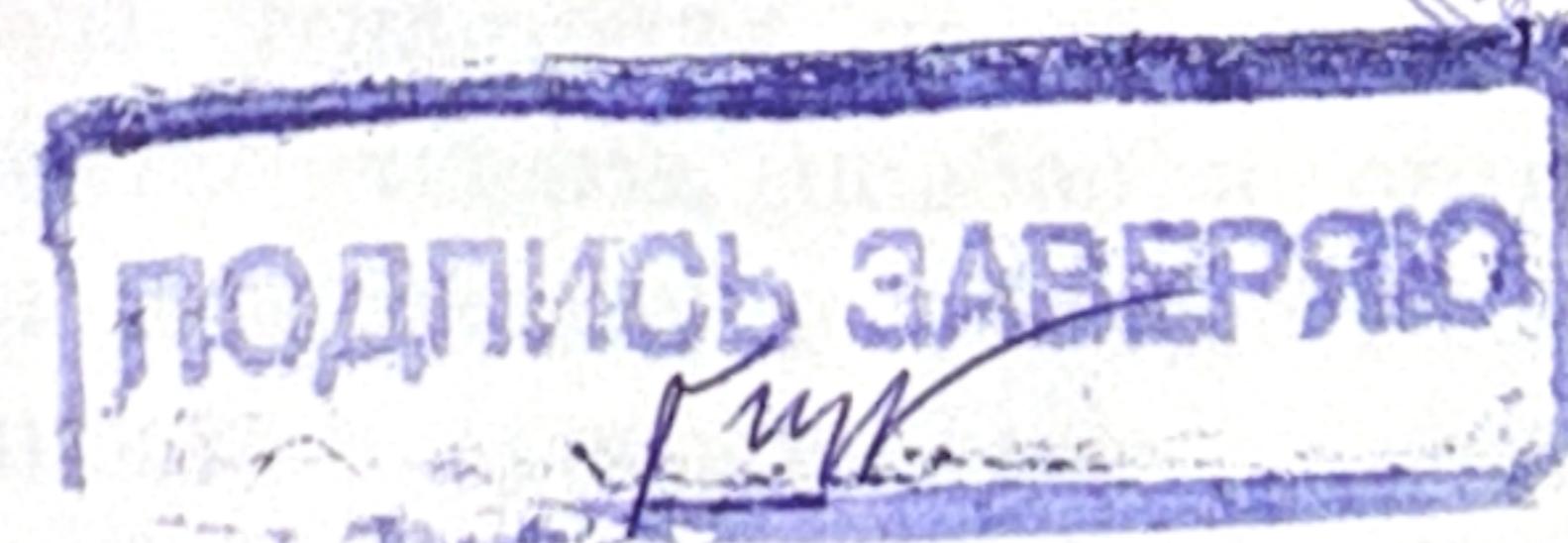
Заключение:

Дипломная работа Контаревой Варвары Денисовны выполнена на высоком уровне, обладает научной и практической ценностью, соответствует требованиям, предъявляемым к ВКР бакалавров. Работа заслуживает оценки **«отлично»**, а её автор — присвоения степени **бакалавра по направлению «Химическая и биохимическая инженерия»**.

Рецензент:

к.х.н., ассоц. проф. факультета химии
и химической технологии
КазНУ им. аль-Фараби
г. Алматы, 2025 г.

Дюсебаева М.А.



**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

на дипломную работу

(наименование вида работы)

Контаревой Варвары Денисовны

(Ф.И.О. обучающегося)

6В05101 – Химическая и биохимическая инженерия

(шифр и наименование ОП)

**Тема: Разработка технологии зеленой переработки
просроченных витаминов**

Дипломная работа Контаревой Варвары посвящена крайне актуальной и одновременно инновационной теме в области экологической биотехнологии и устойчивого развития. Исследование направлено на разработку технологии утилизации просроченных фармацевтических препаратов с использованием микроводоросли *Chlorella vulgaris*, что соответствует приоритетам «зелёной» химии и принципам цикличной экономики.

Варвара проявила инициативность в выборе темы, самостоятельность в планировании и проведении экспериментов, и высокий уровень вовлеченности в процесс научного поиска. Работа включает теоретический анализ проблемы утилизации просроченных ЛС, анализ физиологии и биохимии *Chlorella vulgaris*, подбор и оптимизацию питательных сред, проведение культивирования и количественной оценки роста биомассы. Особую ценность представляют данные по использованию витаминизированных отходов в качестве добавок, что расширяет потенциал биотехнологической переработки и подтверждает устойчивость культуры. Работа включает логично выстроенную структуру: введение, подробный литературный обзор, методологическую часть, описание хода эксперимента, результаты и обсуждение, заключение и список литературы.

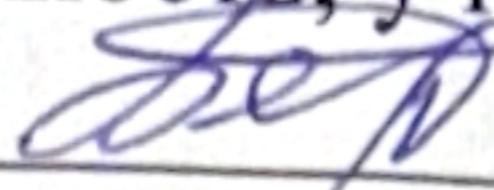
К сильным сторонам работы можно отнести: практическую значимость полученных данных для решения проблемы экологической утилизации отходов; комплексный подход к оценке роста и продуктивности микроводорослей; использование различных типов питательных сред и условий культивирования; внедрение визуальных и аналитических методов (фотографии, спектрофотометрия, расчеты биомассы); сопоставление собственных результатов с научной литературой; и корректное оформление источников.

Дипломная работа Контаревой Варвары выполнена на хорошем уровне, демонстрирует сформированность компетенций в области биохимической инженерии, умение применять знания в практике и научной работе. Работа соответствует требованиям, предъявляемым к выпускным квалификационным работам бакалавра, и заслуживает оценки «отлично».

Научный руководитель Берилло Д.А.

доктор PhD, профессор

(должность, уч. степень, звание)



Ф. И.О.

(подпись)

«30» мая 2025г.



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Разработка технологии зеленой переработки просроченных витаминов

Автор Научный руководитель / Эксперт

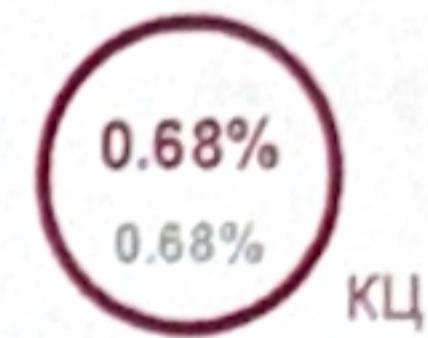
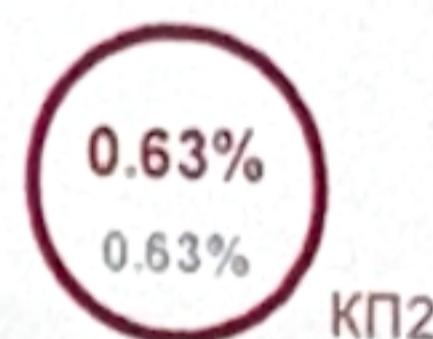
Контарева Варвара Дмитрий Берилло

Подразделение

ИГиНГД

Объем найденных подобий

КП-ия определяют, какой процент текста по отношению к общему объему текста был найден в различных источниках. Обратите внимание! Высокие значения коэффициентов не означают плагиат. Отчет должен быть проанализирован экспертом.



25

Длина фразы для коэффициента подобия 2

5267

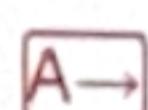
Количество слов

41541

Количество символов

Тревога

В этом разделе вы найдете информацию, касающуюся текстовых искажений. Эти искажения в тексте могут говорить о ВОЗМОЖНЫХ манипуляциях в тексте. Искажения в тексте могут носить преднамеренный характер, но чаще, характер технических ошибок при конвертации документа и его сохранении, поэтому мы рекомендуем вам подходить к анализу этого модуля со всей долей ответственности. В случае возникновения вопросов, просим обращаться в нашу службу поддержки.

Замена букв		0
Интервалы		0
Микропробелы		3
Белые знаки		0
Парафразы (SmartMarks)		8

Подобия по списку источников

Ниже представлен список источников. В этом списке представлены источники из различных баз данных. Цвет текста означает в каком источнике он был найден. Эти источники и значения Коэффициента Подобия не отражают прямого плагиата. Необходимо открыть каждый источник и проанализировать содержание и правильность оформления источника.

10 самых длинных фраз

Цвет текста

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ И АДРЕС ИСТОЧНИКА URL (НАЗВАНИЕ БАЗЫ)	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://official.satbayev.university/download/document/39832/2024_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%98%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B0.pdf	33 0.63 %
2	https://official.satbayev.university/download/document/39832/2024_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%98%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B0.pdf	13 0.25 %

из базы данных RefBooks (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из домашней базы данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из программы обмена базами данных (0.00 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	НАЗВАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	----------	---

из интернета (1.12 %)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	ИСТОЧНИК URL	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
1	https://official.satbayev.university/download/document/39832/2024_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%98%D1%81%D0%BA%D0%B0%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B0%20%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D0%B0.pdf	46 (2) 0.87 %
2	https://www.nkzu.kz/page/view?id=775&lang=ru	13 (1) 0.25 %

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР	СОДЕРЖАНИЕ	КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ)
------------------	------------	---