

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

Искаков Аслан Русланович
Салихова Хамида Сагидуллаевна
Чекалина Маргарита Валерьевна

«Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с
помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

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. К.Турысова
Кафедра химической и биохимической инженерии

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ



ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа
с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью»

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Выполнили

Искаков Аслан Русланович
Салихова Хамида Сагидуллаевна
Чекалина Маргарита Валерьевна

Рецензент
Зав. лаб. химии синтетических и
природных лекарственных веществ
АО «Институт химических наук им.
А.Б. Бектурова», д.х.н., профессор

Нур
(подпись)
«13» 06
(ученая степень, звание)
Ю.В.К.
(Ф.И.О.)
2025 г.

Научный руководитель
д.х.н., профессор
(ученая степень, звание)

Р.Искаков
(подпись)
«02» 06
Искаков Р.М.
(Ф.И.О.)
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. К.Турысова
Кафедра химической и биохимической инженерии

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

УТВЕРЖДАЮ



ЗАДАНИЕ
на выполнение дипломного проекта

Обучающиеся: Исқаков Аслан Русланович
Салихова Хамида Сагидуллаевна
Чекалина Маргарита Валерьевна

Тема: «Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью»
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:

Краткое содержание дипломной работы:

- а) *Литературный обзор*
- б) *Экспериментальная часть*
- в) *Расчеты и план проекта*
- г) *Экономическая часть*
- д) *Заключение*

Перечень графического материала: *представлены 20 слайдов презентации работы*

Рекомендуемая основная литература: *из 23 наименований*

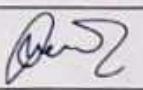
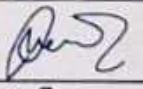
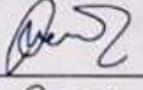
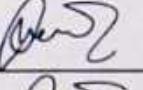
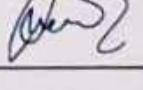
ГРАФИК

подготовки дипломной работы

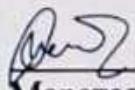
| Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов | Сроки представления научному руководителю | Примечание |
|--|---|------------|
| Введение. Обзор литературы | 01.02.25 | Выполнено |
| Материал и методика исследования | 01.03.25 | Выполнено |
| Результаты исследования | 01.04.25 | Выполнено |
| Заключение и выводы | 01.05.25 | Выполнено |

Подписи

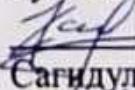
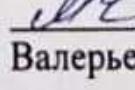
консультантов и норм контролера на законченный дипломный проект с указанием относящихся к ним разделов работы

| Наименование разделов | Консультанты, Ф.И.О. (уч. степень, звание) | Дата подписания | Подпись |
|-----------------------|---|-----------------|---|
| Литературный обзор | Искаков Р.М., д.х.н., профессор | 01.02.25 |  |
| Методика исследования | Искаков Р.М., д.х.н., профессор | 01.03.25 |  |
| Техническая часть | Искаков Р.М., д.х.н., профессор | 01.04.25 |  |
| Экономическая часть | Искаков Р.М., д.х.н., профессор | 01.05.25 |  |
| Нормоконтролер | Искаков Р.М., д.х.н., профессор | 01.06.25 |  |

Научный руководитель

 Искаков Ринат
Маратович

Задание принял к исполнению обучающиеся

 Искаков Аслан
Русланович
 Салихова Хамида
Сагидуллаевна
 Чекалина Маргарита
Валерьевна

Дата

«02» 06 2025 г.

АННОТАЦИЯ

Предлагаемый дипломный проект состоит из 41 страницы, содержит 32 рисунка, 9 таблиц, 23 использованных источников.

Ключевые слова: микроводоросли, улавливание углерода, биоудобрение.

Работа состоит из 12 разделов: литературный обзор, практическая часть, поточно-технологическая схема процесса получения продукта, энергетическая подсистема, расчет реактора, расчет теплообменных процессов, расчет массообменных процессов, расчет осадительного оборудования, выбор и оценка оборудования, расчет производственных затрат, амортизация и денежный поток, рентабельность проекта, понятие интереса и чистая приведенная стоимость проекта.

Цель работы: разработать технологию утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью для производства биоудобрения.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать существующие технологии улавливания углекислого газа с использованием микроводорослей;
2. Провести экспериментальные исследования по культивированию микроводорослей;
3. Оценить влияние биоудобрения на основе лиофилизированной формы микроводорослей на рост и развитие растений *Cucumis sativus L.* и *Cucurbita maxima*;
4. Провести технологический и экономический расчет предприятия для выбранного метода.

Актуальность работы заключается в разработке технологии утилизации антропогенных выбросов CO_2 с использованием микроводорослей в ценный продукт (биоудобрение). Проект имеет практическую значимость в борьбе с изменением климата и в устойчивом сельском хозяйстве.

АҢДАТПА

Ұсынылған дипломдық жоба 41 беттерден, 25 суреттерден, 9 кестелерден, 23 пайдаланылған көздерден тұрады.

Түйінді сөздер: микробалдырлар, көміртекті алу, био тыңайтқыш.

Жұмыс 12 бөлімнен тұрады: әдебиетке шолу, өнімді алу процесінің ағынды-технологиялық схемасы, энергетикалық ішкі жүйе, реакторлық есептеу, жылу алмасу процестерін есептеу, массалық алмасу процестерін есептеу, жауыншашының жабдықтарын есептеу, жабдықты таңдау және бағалау, өндіріс шығындарын есептеу, амортизация және ақша ағыны, жобаның пайыздық рентабельділігі және жобаның ағымдағы құны.

Жұмыстың мақсаты: биотыңайтқыш өндіру үшін шикізат бойынша өнімділігі жылына 25 000 кг микробалдырлардың көмегімен ұсталатын көмірқышқыл газын кәдеге жарату технологиясын әзірлеу.

Осы мақсатқа жету үшін келесі міндеттер қойылды:

1. Микробалдырларды қолдана отырып, көмірқышқыл газын ұстаудың қолданыстағы технологияларын талдаңыз;
2. Микробалдырларды өсіру бойынша эксперименттік зерттеулер жүргізу;
3. Микробалдырлардың мұздатылған кептірілген түріне негізделген био тыңайтқыштың өсімдіктердің есуі мен дамуына әсерін бағалау *Cucumis sativus L.* және *Cucurbita maxima*;
4. Таңдалған әдіс үшін кәсіпорынның технологиялық және экономикалық есебін жүргізу.

Жұмыстың өзектілігі микробалдырларды құнды өнімге (биотыңайтқыш) пайдалана отырып, CO_2 антропогендік шығарындыларын кәдеге жарату технологиясын әзірлеу болып табылады. Жоба климаттың өзгеруіне қарсы құресте және тұрақты ауыл шаруашылығында практикалық маңызы бар.

ABSTRACT

The proposed graduation project consists of 41 pages, 25 containing figures, 9 tables, and 23 sources used.

Keywords: microalgae, carbon capture, biofertilizer.

The work consists of 12 sections: literature review, practical part, flow diagram of the product process, energy subsystem, reactor calculation, calculation of heat exchange processes, calculation of mass exchange processes, calculation of precipitation equipment, selection and evaluation of equipment, calculation of production costs, amortisation and cash flow, project profitability, concept of interest and net present value of the project.

The aim of the work: to develop a technology for the utilization of captured carbon dioxide using microalgae with a capacity of 25,000 kg/year of raw materials for the production of biofertilizer.

To achieve this goal, the following tasks were set:

1. Analyze existing technologies for carbon dioxide capture using microalgae;
2. Conduct experimental studies on the cultivation of microalgae;
3. To evaluate the effect of biofertilizer based on freeze-dried microalgae on the growth and development of *Cucumis sativus L.* and *Cucurbita maxima* plants;
4. To perform a technological and economic calculation of the enterprise for the selected method.

The relevance of the work lies in the development of a technology for the utilization of anthropogenic CO₂ emissions using microalgae into a valuable product (biofertilizer). The project has practical significance in the fight against climate change and in sustainable agriculture.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|--|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 9 |
| 1 Литературный обзор..... | 11 |
| 1.1 Сравнение биотехнологий улавливания CO ₂ | 11 |
| 1.2 Открытые пруды | 11 |
| 1.3 Закрытые фотобиореакторы..... | 13 |
| 2 Практическая часть | 15 |
| 2.1 Объект исследования..... | 15 |
| 2.2 Оборудование и его подготовка | 16 |
| 2.3 Методики исследования | 16 |
| 2.4 Оценка способности биоудобрения на основе микроводорослей лиофилизированной формы на рост и развитие растений <i>Cucumis sativus</i> <i>L.</i> и <i>Cucurbita maxima</i> | 23 |
| 3 Поточно-технологическая схема процесса получения продукта | 27 |
| 3.1 Технологическая схема процесса | 27 |
| 3.2 Поточная схема процесса | 28 |
| 4 Энергетическая подсистема | 28 |
| 5 Расчет реактора..... | 29 |
| 5.1 Расчет фотобиореакторов R-101, R-102, R-103..... | 29 |
| 6 Расчет теплообменных процессов | 29 |
| 6.1 Расчет лиофильной сушилки | 29 |
| 7 Расчет массообменных процессов | 30 |
| 7.1 Расчет лиофильной сушилки | 30 |
| 8 Расчет осадительного оборудования | 30 |
| 8.1 Расчет отстойника S-101 | 30 |
| 8.2 Расчет осадительной центрифуги С-101 | 32 |
| 9 Выбор и оценка оборудования..... | 32 |
| 9.1 Модульный метод расчета капитальных затрат | 32 |
| 9.2 Оценка капитальных затрат фактором Ланга..... | 33 |
| 10 Расчет производственных затрат | 33 |
| 10.1 Расчет стоимости исходных материалов | 33 |
| 10.2 Расчет стоимости вспомогательных материалов | 33 |
| 10.3 Расчет затрат на заработную плату операторов производства | 34 |
| 10.4 Расчет производственных затрат | 34 |
| 11 Амортизация и денежный поток..... | 35 |
| 11.1 Расчет амортизации капитальных затрат | 35 |
| 11.2 Расчет денежного потока..... | 35 |
| 12 Рентабельность проекта, понятие интереса и чистая приведенная стоимость проекта | 36 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 38 |
| ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ | 39 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ | 40 |

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема глобального потепления приобретает все большую значимость в результате воздействия выбросов парниковых газов.

Углекислый газ, по данным Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), является важнейшим по влиянию на изменение климата антропогенным парниковым газом, так как обладает наибольшим радиационным воздействием [1]. Его нынешняя концентрация в атмосфере составляет 426,13 ppm (частей на миллион) [2] и является рекордной за последние 2 миллиона лет. Крупнейшими антропогенными источниками диоксида углерода являются сжигание ископаемого топлива (нефть, уголь и природный газ), вырубка лесов, сельскохозяйственная деятельность и промышленные процессы [3]. Повышение содержания двуокиси углерода в атмосфере влияет на глобальное повышение температуры, изменение климата и закисление океана. В связи с этим увеличивается актуальность развития и применения технологий сокращения выбросов CO₂.

Условно сокращение выбросов можно разделить на два подхода: полное прекращение выбросов и улавливание уже имеющихся в атмосфере. Осуществление первого в связи с масштабностью и глубокой экономической интеграцией не представляется возможным. В то время как второй подход обретает большую значимость в наши дни.

Существуют геологические, химические, физические и биологические методы улавливания углекислого газа. Геологические методы подразумевают закачку CO₂ в истощенные нефтяные и газовые резервуары или угольные пласты непригодные для добычи. Однако, данные методы требуют значительных затрат и имеют недостатки.

Химические методы фиксации предусматривают абсорбцию – использование щелочных растворов (чаще всего аминов) для захвата и превращение углекислого газа в карбонаты или бикарбонаты, минерализацию – преобразование CO₂ в карбонаты при реакции с оксидами металлов MgO и CaO. Методы химической фиксации подходят для установок с высоким содержанием углекислого газа, однако имеют высокие энергетические затраты на регенерацию раствора, также со временем возможна деградация сорбента, коррозия оборудования и образование токсичных побочных продуктов. Минерализация, напротив, образует стабильное твердое вещество, что обеспечивает долговременное и безопасное хранение, но предполагает высокие капитальные затраты и большой объем обработки.

Физические методы включают абсорбцию – растворение двуокиси углерода в жидких растворителях, адсорбцию – улавливание на твердых сорбентах (цеолиты, активированный уголь, оксиды металлов и др.), разделение газовой смеси с помощью полимерных, керамических или композитных мембран, способных избирательно поглощать CO₂. Улавливание углекислого газа физическими методами представляется эффективным при высоком давлении,

вызывает меньше коррозии оборудования и упрощенную регенерацию, но в то же время имеет высокую стоимость и затраты энергии на предварительную обработку газа.

Биологическое улавливание диоксида углерода является естественным процессом углеродного цикла. Углекислый газ улавливается из атмосферы естественным образом и связывается в биомассу. Биомассой могут служить леса и микроводоросли. Важно отметить, что леса могут превращаться из поглотителей углерода в его источники ввиду лесных пожаров, болезней и экономических причин. Таким образом, использование микроводорослей для улавливания CO₂ является более эффективным так как не требует для роста плодородных земель, дает более быстрый рост биомассы и высокую плотность культивирования на гораздо меньшей площади.

Целью данного дипломного проекта является разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью для производства биоудобрения.

Для достижения данной цели необходимо выполнить ряд следующих задач:

- Сравнить существующие технологии улавливания и утилизации CO₂ с помощью микроводорослей;
- Разработать технологическую схему процесса;
- Провести экспериментальные исследования по культивированию микроводорослей и эффективности в качестве биоудобрения;
- Провести экономический анализ (рассчитать себестоимость, оценить рентабельность и срок окупаемости) проекта.

1 Литературный обзор

1.1 Сравнение биотехнологий улавливания CO₂

К биотехнологиям улавливания углекислого газа с помощью микроводорослей относятся фиксация в открытых прудах и закрытых фотобиореакторах.

1.2 Открытые пруды

Открытые пруды представляют собой искусственные водохранилища, в которых смесь воды и водорослей подвержены влиянию солнечного света и оснащены механизмами для смещивания, имитируя естественные системы [4].

Выделяют следующие конструкции открытых прудов:

- Пруд-канал;
- Круговой пруд;
- Неперемешиваемый пруд.

Пруд-канал представляет собой неглубокие бетонные траншеи (15-25 см в глубину), которые выстланы пластиковыми листами различной длины и ширины. Пруд разделен на прямоугольные ячейки, в каждой из которых находится один канал в форме овала, аналогично гоночной трассе (от англ. Raceway pond). В каждой прямоугольной ячейке содержится лопастное колесо, обеспечивающее непрерывный поток воды по контуру.

Данные пруды используются такими компаниями как Cyanotech [5] для коммерческого крупномасштабного производства БАД BioAstin® и Hawaiian Astaxanthin®.



Рисунок 1 – Получение астаксантина из природных микроводорослей *Haematococcus pluvialis* на побережье Каилуа-Кона на Гавайях компанией Cyanotech

Круговые пруды имеют схожую конструкцию с прудами-каналами, их диаметр составляет до 45 метров, а глубина в диапазоне от 30 до 50 сантиметров с центрально установленной мешалкой. Лимитирующим фактором данного типа прудов является размер, так как чем больше диаметр, тем длиннее вращающий рычаг и меньше эффективность перемешивания.

Такие пруды применяются в Far East Bio-Tec Co (FEBICO, Тайвань) для производства БАД и пробиотиков [6].



Рисунок 2 – Завод FEBICO в Тайване

Неперемешиваемые пруды — это пруды, в которых отсутствует активное механическое перемешивание, в связи с чем они являются наиболее экономичными и наименее техничными. Их глубина составляет менее 50 сантиметров, и они характеризуются меньшим уровнем освещения на глубине. Ввиду этого микроводоросли способные расти в неблагоприятных условиях или имеющие конкурентные преимущества (с помощью которых микроводоросли могут вытеснять посторонние микроорганизмы такие как другие микроводоросли, простейшие, вирусы и бактерии) являются ограничивающим фактором для данного типа прудов.

Для производства Betatene® (BASF, Австралия) с помощью микроводорослей *Dunaliella salina* используются неперемешиваемые пруды [7].



Рисунок 3 – Вид с воздуха на производство водорослевого бета-каротина в лагуне Хатт компании BASF

Открытые пруды имеют ряд преимуществ в виде экономичности систем, низких энергозатрат, легкой масштабируемости и возможностью интеграции с процессами переработки сточных вод. Однако, открытые системы обладают рядом недостатков, таких как видовое загрязнение, низкая продуктивность, высокие затраты на извлечение биомассы, а также высокая зависимость от факторов окружающей среды, что делает невозможным круглогодичное применение данных технологий в климатических условиях Казахстана.

1.3 Закрытые фотобиореакторы

Фотобиореактор – это закрытый освещенный культуральный сосуд, предназначенный для контроля производства биомассы путем регулировки рабочих параметров.

Оптимальная конструкция биореактора для культивирования микроводорослей зависит от характеристик конкретного штамма, соотношения площади/объема, типа перемешивания, температуры и газообмена. Основным лимитирующим фактором фотобиореакторов является проникновение света в более глубокие области сосуда.

По типу конструкции фотобиореакторы классифицируют на:

- Трубчатые;
- Пластинчатые (плоскопанельные фотобиореакторы).

Трубчатые фотобиореакторы могут быть определены как прозрачные трубы из пластика или стекла, в которых циркулирует культуральная жидкость. По конфигурации трубок они разделяются на горизонтальные и вертикальные забороподобные системы, наклонные, вертикальные спиральные и простые горизонтальные конструкции.

Трубчатые фотобиореакторы используются в проекте AlgaCycle для микроводорослей в качестве биостимуляторов в сельском хозяйстве и кормов в аквакультуре [8].



Рисунок 4 – Трубчатый фотобиореактор объемом 19 м³ для очистки дренажных вод и производства биомассы микроводорослей в рамках проекта AlgaCycle

Пластинчатые фотобиореакторы конструктивно реализованы как замкнутые прямоугольные прозрачные камеры небольшой толщины. В зависимости от ориентации панели они подразделяются на вертикальные и наклонные.

В исследовании Wolf L и др. [9] изучалось периодическое производство бета-каротина с помощью *Dunaliella salina* в пластинчатых биореакторах с длиной светового пути 2 см на открытом воздухе. Где финальные концентрации биомассы составили 3.6 – 4.1 г/л.

В отличие от открытых прудов, в закрытых системах наблюдается более высокая продуктивность биомассы и плотность клеток, также снижены риски контаминации, улучшен контроль культуральных параметров (рН, температура, освещение, концентрация питательных веществ) и уменьшены потери углекислого газа, что привлекательно для переработки выбросов.

В исследовании Patrinou V и др. [10] сравнивались различные виды пилотных фотобиореакторов и пилотных открытых прудов. В результатах исследований наибольшей концентрации биомассы достигли трубчатые фотобиореакторы 83.2 ± 12.8 мг/л*д по сравнению с 80.0 ± 14.1 мг/л*д и 55.0 ± 6.0 мг/л*д для открытых прудов.

Однако, фотобиореакторы могут быть менее экономичны для массового производства БАД, но идеальны для биоудобрений, где ключевое значение имеет стабильность со состава (нет рисков загрязнения из открытых водоемов), возможность обогащения, упрощенная очистка и массовость производства для компенсации затрат. Биоудобрения на основе микроводорослей были изучены Ma F и др. [11] результатом исследований стало повышение урожайности боярышника (составлявшая от 44,3 до 57,4 т/га) на 15,7%–29,6% при внесении микроводорослей.

2 Практическая часть

2.1 Объект исследования

Объектом исследования служили образцы проб воды из разных точек пруда Кіші Алматы, содержащие микроводоросли. Пробы были отобраны стерильными контейнерами для анализов. В местном водоеме обитают виды микроводорослей, приспособленные к конкретным условиям данного региона: химическому составу воды, температурным колебаниям, уровню освещенности и присутствию других организмов. Пробы позволяют оценить какие именно виды микроводорослей присутствуют в данном водоеме.



Рисунок 5 – Отбор проб воды из пруда Кіші Алматы

Пробы пруда были поставлены под фитолампу 3000 К, при комнатной температуре 25°C, в дальнейшем велось наблюдение за ростом биомассы. В результате на вторые и трети сутки в пробах №2 и №3 наблюдался рост зеленой микрофлоры, в пробе №1 и №4 изменений не наблюдалось. В связи с чем данные пробы не использовалась для дальнейших исследований.



Рисунок 6 – Отобранные пробы воды под фитолампой

2.2 Оборудование и его подготовка

В ходе экспериментов было использовано и задействовано следующее оборудование: биологический микроскоп, лабораторные аналитические весы, автоклав, сушильный шкаф, лабораторный холодильник, ламинарный бокс для культивирования в стерильных условиях, спиртовая горелка, плитка, орбитальный шейкер, пипетатор, осадительная центрифуга, лиофильная сушилка.

Лабораторная посуда, использованная в ходе исследовательских работ: стерильные контейнеры для анализов, пипетки Пастера, предметные стекла, чашки Петри, термостойкие колбы на 1000 мл, стеклянные палочки для перемешивания.

Все инструменты, необходимые для культивирования микроводорослей, были предварительно стерилизованы в сушильном шкафу в течение одного часа при температуре $t = 180^{\circ}\text{C}$. Для поверхностной стерилизации инструменты были стерилизованы с помощью антисептика (70% раствор этилового спирта) и методом фламбирования (прокаливание над пламенем спиртовки) внутри ламинарного бокса, в который подается стерильный воздух. Рабочая поверхность бокса и руки исследователей были продезинфицированы с помощью раствора спирта. Контактные поверхности также были аккуратно очищены ватными тампонами, предварительно смоченными спиртом.



Рисунок 7 – Стерилизация рабочих инструментов над пламенем горелки

2.3 Методики исследования

Микроскопический анализ образцов №2 и №3 позволил сделать выводы о наблюдаемом сообществе микроорганизмов ([рисунок 8](#)). На основании морфологических характеристик наблюдаемых при увеличении 40x были идентифицированы: охрофиты – мелкие подвижные жгутиковые, представители золотистых водорослей; спирогиры – нитчатые зеленые водоросли; эвглены – подвижные жгутиковые микроорганизмы, способные к фотосинтезу;

осциллятории – длинные нитевидные цианобактерии; формидиум – сине-зеленая водоросль нитчатой формы.

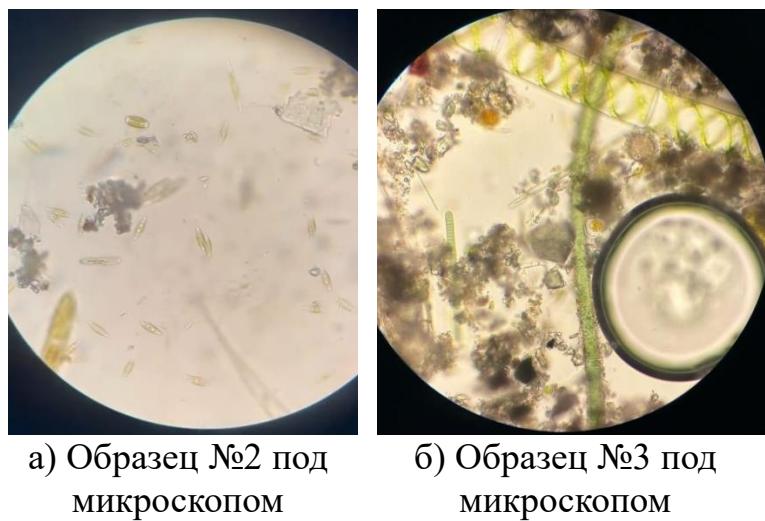


Рисунок 8 – Отобранные пробы воды, содержащие микроводоросли под микроскопом

В таблице 1 и 2 ниже представлены составы модифицированной питательной среды Тамия и Громова №6, использованных в исследовании по изучению микроводорослевой биомассы в качестве биоудобрения.

Таблица 1 – Состав питательной среды Тамия модиф.

| Компонент питательной среды | Масса г/л |
|--------------------------------------|-----------|
| KNO ₃ | 2,5 |
| MgSO ₄ ×7H ₂ O | 1,25 |
| KH ₂ PO ₄ | 0,625 |
| ЭДТА | 0,0185 |
| FeSO ₄ ×7H ₂ O | 0,0045 |
| раствор микроэлементов | 0,5 мл |
| вода дистиллированная | 500 мл |

Таблица 2 – Состав питательной среды Громова №6

| Компонент питательной среды | Масса г/л |
|--|-----------|
| KNO ₃ | 0,5 |
| MgSO ₄ ×7H ₂ O | 0,1 |
| K ₂ HPO ₄ ×3H ₂ O | 0,1 |
| ЭДТА | 0,005 |
| CaCl ₂ ×2H ₂ O | 0,075 |
| NaHCO ₃ | 0,1 |
| раствор микроэлементов | 0,5 мл |
| вода дистиллированная | 500 мл |



Рисунок 9 – Приготовление жидкких питательных сред

Для приготовление питательных сред использовались высокоточные лабораторные весы Radwag AS 220.R2 ([рисунок 9](#)). Все компоненты сред были взвешены и растворены в дистиллированной воде при помощи перемешивания стеклянной палочкой. Полученные среды поместили в автоклав при $t = 120^{\circ}\text{C}$ на 30 минут для стерилизации.

Образцы были инокулированы в приготовленные среды и помещены на орбитальный шейкер для культивирования при температуре 25-28°C (рисунок 10).



Рисунок 10 – Культивирование микроводорослей на шейкере

Через 9 дней после начала культивирования было замечено позеленение воды, что свидетельствовало о присутствии жизнеспособных фотосинтезирующих микроорганизмов (микроводоросли и цианобактерии) (рисунок 11). Данное наблюдение указывает на то, что условия культивирования (свет, температура, питательная среда) подошли для их роста и размножения.

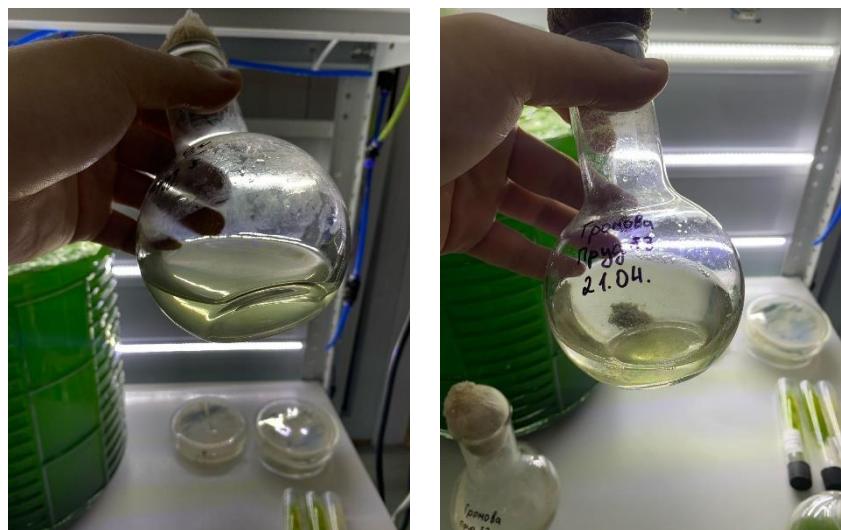


а) Образец №2



б) Образец №3

Рисунок 11 - Отобранные пробы воды на начало эксперимента
(12.04.2025)

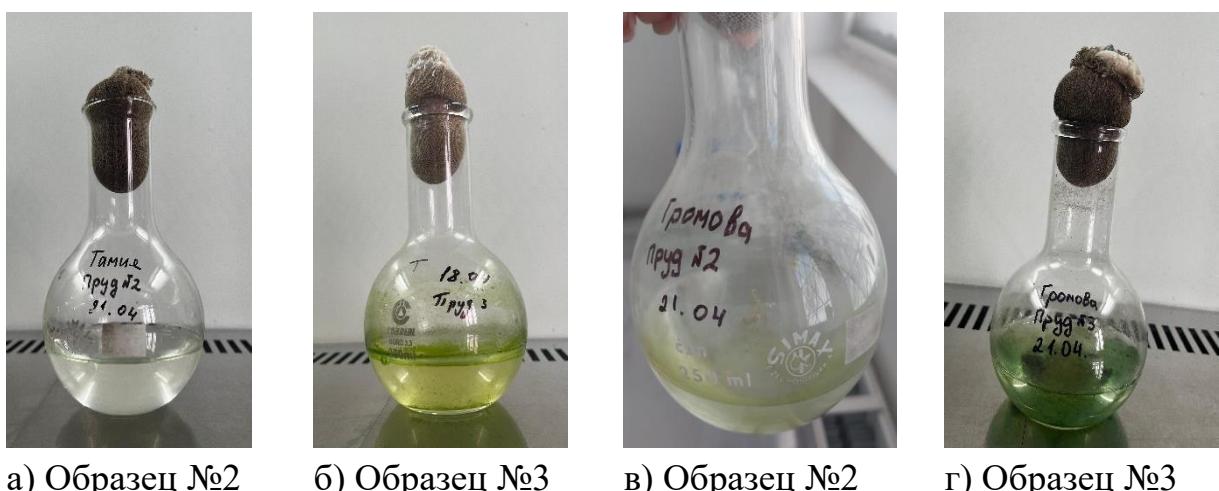


а) Образец №2 на среде
Тамия модиф.

б) Образец №3 на среде
Громова №6

Рисунок 12 - Проросшая биомасса в жидкой питательной среде через 9 дней (21.04.2025)

В течении 30 дней колбы инкубировались при температуре 25-28°C, освещении 6500 Люкс на орбитальном шейкере ([рисунок 13](#)). Колбы различаются по интенсивности окраски культуральной жидкости, что указывает на разный уровень накопленной биомассы. Наибольшее развитие микроводорослей отмечается в колбе с 3 образцом на питательной среде Громова №6, где наблюдается наиболее насыщенный темно-зелёный цвет. Такой результат, вероятно, обусловлен высокой жизнеспособностью инокулята и благоприятным сочетанием температурного режима, освещенности и состава питательной среды.



а) Образец №2

б) Образец №3

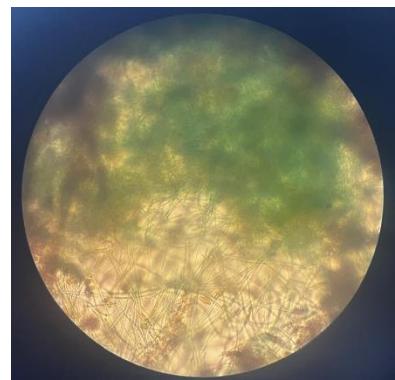
в) Образец №2

г) Образец №3

Рисунок 13 – Накопительные культуры в колбах на 30 день культивирования на среде Тамия модиф. (а,б) и Громова №6 (в,г)



а) Образец №3 на среде
Тамия модиф.



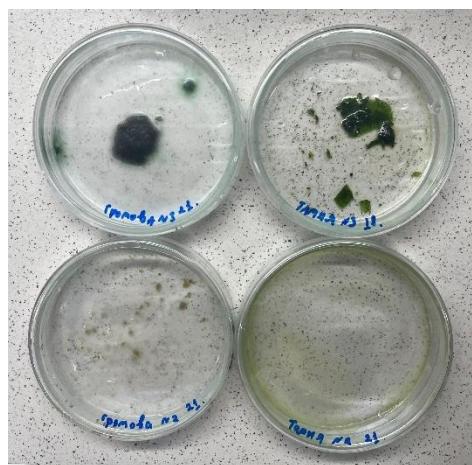
б) Образец №3 на среде
Громова №6

Рисунок 14 – Биомасса на 30 день культивирования под микроскопом

Полученную биомассу микроводорослей необходимо отделить от культуральной среды путем центрифугирования перед лиофилизацией ([рисунок 15](#)). Культуральный материал центрифугировали 17 минут при 6000 об/мин.



а) Образцы в
центрифуге



б) Образцы после
лиофильной сушки

Рисунок 15 – Центрифугирование и лиофильная сушка биомассы микроводорослей

Затем отцентрифужированный материал разлили по чашкам Петри и упаковали парафинизированной пленкой «Парафильм», которая предназначена для герметичной укупорки. Затем упакованные чашки Петри были помещены в морозильную камеру. Это гарантирует, что на следующих этапах лиофильной сушки пройдет процесс сублимации, а не таяние кристаллов. Сублимация – технология перехода жидкости из твердого состояния сразу в пар. Этот процесс возможен только при условии достаточно низкого давления и температуре ниже

тройной точки материала (температура, при которой одновременно существует жидккая, твердая и газообразная форма материала).

После культивирования в лабораторных условиях биомасса каждого образца была подвергнута лиофильной сушке ([рисунок 16](#)). Парафинизированную пленку убирали и чашки Петри отправляли высушиваться 24 часа при температуре конденсатора $t=-60^{\circ}\text{C}$, $p=0,1$ Па. После лиофилизации были измерены ([рисунок 17](#)). Полученные порошкообразные образцы использовались в качестве потенциального биоудобрения.



Рисунок 16 – Лиофильная сушилка



а) Полученный лиофилизат, выращенный на среде Тамия модиф. из образца №2

б) Полученный лиофилизат, выращенный на среде Тамия модиф. из образца №3

в) Полученный лиофилизат, выращенный на среде Громова №6 из образца №6

г) Полученный лиофилизат, выращенный на среде Громова №6 из образца №3

Рисунок 17 – Полученные лиофилизаты

2.4 Оценка способности биоудобрения на основе микроводорослей лиофилизированной формы на рост и развитие растений *Cucumis sativus L.* и *Cucurbita maxima*

Для сравнительного анализа влияния различных видов биологических удобрений на начальный этап развития растений *Cucumis sativus* (огурец) и *Cucurbita maxima* (тыква) был проведен вегетационный эксперимент.

Для исследования были взяты: Семена огурца (*Cucumis sativus L.*) сорта «Хит сезона F1» (ИНВЕНТ+) и тыквы крупноплодной (*Cucurbita maxima*) сорта «Бамбино» (Аэлита) (рисунок 18).



а) Семена огурца а) Семена тыквы

Рисунок 18 – Семена для оценки различных биоудобрений

Объекты воздействия: жидкое удобрение «Биогумус для рассады» (Вырастайка) (рисунок 19), лиофилизированная форма консорциума микроводорослей, выделенного из определенной точки водоема (№2), лиофилизированная форма консорциума микроводорослей, выделенного из другой точки того же водоема (№3). Лиофилизаты биомассы, выращенной на обеих средах, были смешаны вместе перед применением.



Рисунок 19 – Биогумус для рассады

В качестве субстрата использовался готовый почвогрунт Terra Vita «Живая Земля для пальмы, фикуса, драцены», обладающий рыхлой структурой и стабильной влажностью (рисунок 20).



Рисунок 20 – Почвогрунт, используемый в качестве субстрата в эксперименте

Для исследования использовалась кассета для рассады на 12 ячеек. Посев по одному семени огурца и одному семени тыквы был совершен в 4 выбранные ячейки. Все ячейки находились в одинаковых условиях: постоянное освещение (лампы 3000 К), температурный режим 24-26°C и регулярный полив в равных объемах.

Схема экспериментальных вариантов обработки семян представлена в Таблице 3.

Таблица 3 – Условия обработки семян огурца и тыквы в различных вариантах опыта с использованием биогумуса и лиофилизированных микроводорослей

| Ячейка | Обработка | Состав |
|--------|-------------------------------------|-----------------------|
| №1 | Контроль | Без добавок |
| №2 | Биогумус | 1,25 мл/500 мл воды |
| №3 | Микроводоросли (лиофил. образец №2) | Сухая биомасса + вода |
| №4 | Микроводоросли (лиофил. образец №3) | Сухая биомасса + вода |

Динамика прорастания семян и развития проростков представлена в Таблице 4.

Таблица 4 – Динамика прорастания семян и развития проростков огурца и тыквы под влиянием различных внесенных биоудобрений

| День | №1 (Контроль) | №2 (Биогумус) | №3 (Микроводоросли №2) | №4 (Микроводоросли №3) |
|------|---------------------------------------|------------------|--|----------------------------------|
| 1 | Взошел росток огурца | – | – | – |
| 2 | Некоторое увеличение ростка огурца | – | Проросток у огурца | – |
| 3 | Продолжение роста | – | Росток огурца имеет 2 отличимых листика | Проросток у огурца |
| 4 | Удлинение ростка огурца + всход тыквы | – | Удлинение ростка огурца + всход ростка тыквы | Увеличение ростка огурца в длину |
| 5 | Увеличение обоих растений | – | Увеличение размеров листиков у ростка огурца + рост ростка тыквы | Увеличение листьев ростка огурца |



а) Посев семян и удобрение почвы



б) День 1 – всход в Контроле №1



в) День 2 – всход в ячейке №3

Рисунок 21 – Наблюдения в первые дни эксперимента



а) День 3 – Контроль с маленьkim всходом, №3 росток с отличимыми 2 листами, №4 маленький росток



б) День 4 – В Контроле рост огурца + всход тыквы, №3 длинный росток огурца + росток тыквы, №4 росток огурца средней длины



в) День 5 – В Контроле рост тыквенного ростка, №3 увеличение листиков у огуречного ростка + росток тыквы стал выше, №4 увеличение листков у огурца

Рисунок 22 – Динамика развития проростков в 3-5 дни

Полученные результаты демонстрируют выраженное влияние лиофилизованных микроводорослей (особенно образца №2) на начальные этапы роста огурца *Cucumis sativus L.* и, в меньшей мере, тыквы *Cucurbita maxima* по сравнению с контролем и вариантом, обработанным биогумусом (рисунок 28). Микроводоросли, особенно в лиофилизированной форме, при увлажнении могут быстро высвобождать питательные вещества в непосредственной близости от прорастающего семени, обеспечивая энергией на критически важном начальном этапе. Лиофилизованный образец микроводорослей №2, судя по результатам, либо содержал более активное сообщество, либо был применен в более эффективной концентрации, чем лиофилизованный образец микроводорослей №3.

Таким образом, биоудобрение на основе микроводорослей лиофилизированной формы образца №2 продемонстрировало выраженный стимулирующий эффект на скорость начального роста и развитие проростков огурца *Cucumis sativus L.*, проявившийся в ускоренном появлении всходов (на 2-е сутки) и значительно более активном развитии листового аппарата и росте в первые 5 суток по сравнению с другими вариантами (рисунок 22). Лиофилизованный образец микроводорослей №3 показал промежуточный результат по огурцу (всход на 3-и сутки), но не стимулировал прорастание тыквы в наблюдаемый период.

3 Поточно-технологическая схема процесса получения продукта

3.1 Технологическая схема процесса

На рисунке 23 представлена поточно-технологическая схема процесса производства биоудобрения из микроводорослей.

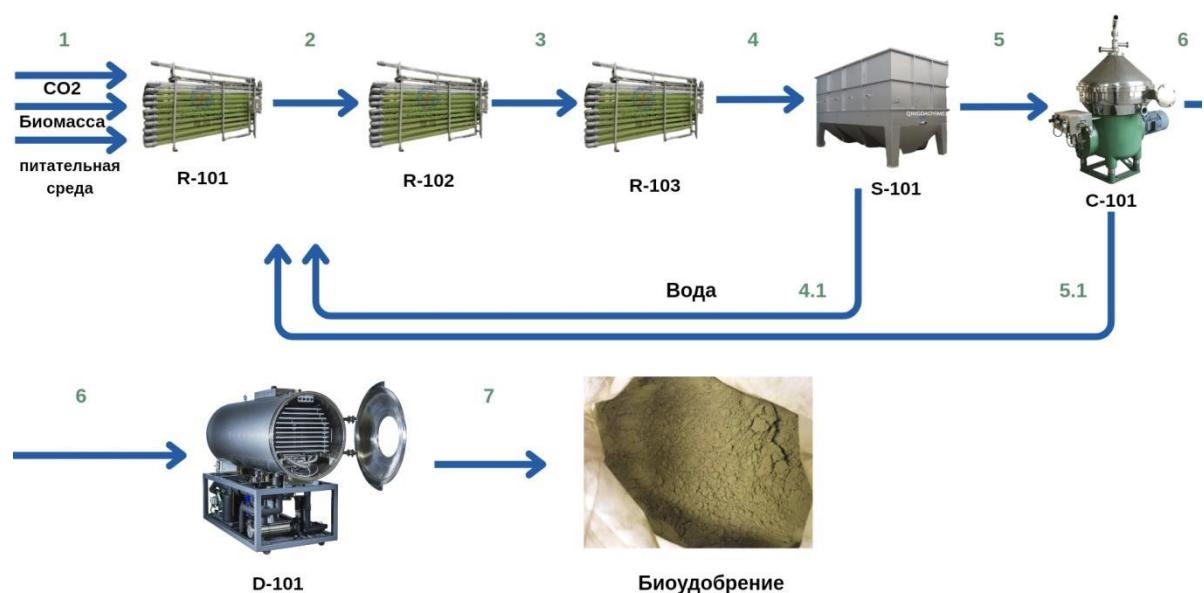


Рисунок 23 – Поточно-технологическая схема процесса производства биоудобрения из микроводорослей

Данный процесс состоит из следующих блоков:

Первый блок – культивирование микроводорослей в питательной среде и улавливание углекислого газа в фотобиореакторах R-101, R-102, R-103. Насыщение CO₂ и перемешивание клеточной суспензии осуществляется с помощью барботирования для повышения скорости роста и деления микроводорослей.

Второй блок – концентрирование биомассы путем осаждения в отстойнике S-101 и отделения жидкой фазы в центрифуге C-101.

Третий блок – высушивание биомассы в лиофильной сушилке D-101 с получением конечного продукта – биоудобрения.

Из этого следует, что для производства биоудобрения понадобится следующее оборудование:

- R-101 – Фотобиореактор
- R-102 – Фотобиореактор
- R-103 – Фотобиореактор
- S-101 – Отстойник
- C-101 – Центрифуга

– D-101 – Лиофильная сушилка

3.2 Поточная схема процесса

На поточно-технологической схеме (Рисунок 23) представлены следующие потоки:

- 1 – Поступающие углекислый газ, питательная среда и биомасса
- 2 – Клеточная суспензия при 25-28°C
- 3 – Клеточная суспензия при 25-28°C
- 4 – Клеточная суспензия при 25-28°C
- 4.1 – Питательная среда с остатками биомассы при 25°C
- 5 – Осажденная биомасса при 25°C
- 5.1 – Отделенная питательная среда при 25°C
- 6 – Отделенная биомасса при 25°C
- 7 – Высушенная биомасса

4 Энергетическая подсистема

Энергетическая подсистема представлена 1 установкой – Лиофильной сушилкой D-101 и отмечена на [рисунке 24](#).

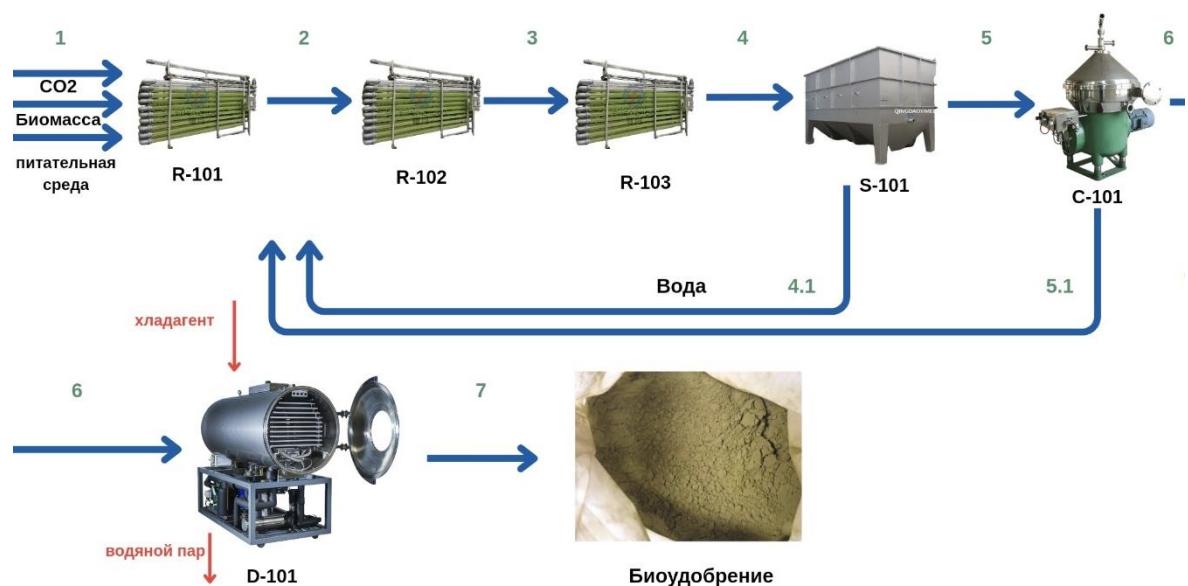


Рисунок 24 – Энергетическая подсистема

Лиофильная сушилка применяется для удаления влаги путем сублимации, т.е. прямого перехода воды из твердого в газообразное состояние, минуя жидкую фазу. Это достигается благодаря одновременному снижению температуры и давления ниже тройной точки воды (0,01°C и 611 Па).

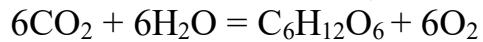
Хладагент R404A является главным теплоносителем для поддержания низоктемпературного режима, -60°C - $+25^{\circ}\text{C}$, в лиофильной сушилке [12].

5 Расчет реактора

5.1 Расчет фотобиореакторов R-101, R-102, R-103

Для культивирования биомассы и улавливания углекислого газа используется фотобиореактор. Температура в биореакторе $25\text{--}28^{\circ}\text{C}$, давление - 101,3 кПа, освещение интенсивностью 6500 Люкс.

В фотобиореакторе протекает процесс фотосинтеза, в результате которого происходит связывание углекислого газа в биомассу:



Объем реакционной зоны рассчитаем по формуле реактора типа РИВ (реактор идеального вытеснения) (1):

$$V = G_v \times \tau \times 10^3, \quad (1)$$

где τ - время реакции, с;

G_v - объемный расход сырья, $\text{м}^3/\text{с}$.

Годовой расход сырья CO_2 составляет 25 000 кг, один год составляет 315 операционных дней, каждый из которых включает 24 часа работы. Следовательно, расход сырья в секунду составит:

$$25000 \text{ кг/год} / 315 \text{ д} = 79,4 \text{ кг/д}$$

$$79,4 \text{ кг/д} / 24 = 3,3 \text{ кг/час}$$

$$3,3 \text{ кг/час} / 3600 = 9 \times 10^{-4} \text{ кг/сек}$$

9×10^{-4} кг углекислого газа занимает объем равный $4 \times 10^{-4} \text{ м}^3$ [13].

Скорость реакции фотосинтеза составляет 24 часа [14].

$$24 \text{ ч} \times 3600 = 86400 \text{ сек}$$

Отсюда, объем реактора:

$$V = 4 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{сек} \times 86400 \text{ сек} \times 10^3 = 34560 \text{ л}$$

Исходя из этого, для достижения суммарной производительности эквивалентной 34 560 литрам, была выбрана трехфазная схема поочередной работы реакторов объемом 100 литров. Благодаря циклической работе (загрузка – рост – выгрузка) достигается та же совокупность производительности.

6 Расчет теплообменных процессов

6.1 Расчет лиофильной сушилки

К теплообменному оборудованию относится лиофильная сушилка D-101. В лиофилизаторе происходит удаление лишней влаги из микроводорослей путем сублимации.

Расчет лиофильной сушилки D-101.

Теплоту сублимации определим по формуле (2) [22].

$$Q = W \times \lambda_{\text{субл}}, \quad (2)$$

где W - масса удаленной влаги, кг;

$\lambda_{\text{субл}}$ - удельная теплота сублимации, кДж/кг.

Так как образуется 9375 кг сухой биомассы в год, а влажность биомассы после центрифугирования составляет 60% [23], то масса, поступающая в лиофильную сушилку, будет равна:

$$m_{\text{вл}} = m_{\text{сух}} / (1 - \omega_{\text{вл}}) = 9375 / (1 - 0,6) = 23437,6 \text{ кг/год}$$

Отсюда, масса удаленной влаги: $W = 23437,6 - 9375 = 14062,6 \text{ кг/год}$

Таким образом, теплота сублимации будет:

$$Q = 14062,6 \times 2830 = 39797158 \text{ кДж/год}$$

7 Расчет массообменных процессов

7.1 Расчет лиофильной сушилки

Количество удаляемой влаги в лиофильной сушилке равно 14062,6 кг/год.

Для определения размеров лиофильной сушилки используем формулу определения загрузочной нормы (3):

$$m = \rho \times A \times h, \quad (3)$$

где ρ - плотность загружаемого материала (биомасса), кг/м³;

A - площадь загрузки, м²;

h - высота слоя материала, м.

Примем высоту загрузки 10 мм (0,01 м). Масса загрузки:

$$23437,6 \text{ кг/год} / 315 = 74,4 \text{ кг/д}$$

Отсюда площадь загрузки:

$$A = m / (\rho \times h) = (74,4 \text{ кг/д}) / (1070 \text{ кг/м}^3 \times 0,01 \text{ м}) = 6,95 \text{ м}^2$$

По каталогу [12] выбираем лиофильную сушилку производительностью 100 кг/д и площадью полок 10 м².

8 Расчет осадительного оборудования

8.1 Расчет отстойника S-101

В отстойнике происходит предварительное отделение (гравитационное осаждение) микроводорослей от культуральной жидкости с целью снижения энергозатрат и нагрузки на последующем этапе обработки в центрифуге.

В отстойник S-101 поступает клеточная суспензия после стадии выращивания.

Стехиометрическим методом определим массу суспензии, поступающую в отстойник:

$$\begin{aligned}
 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} &= \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \\
 m(\text{CO}_2) &= 25\ 000 \text{ кг/год} \\
 m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) &= x \text{ кг/год} \\
 M_r(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) &= 180 \text{ г/моль} \\
 M_r(\text{CO}_2) &= 44 \text{ г/моль} \\
 (25000 \text{ кг/год}) / (6 \times 44 \text{ г/моль}) &= (x \text{ кг/год}) / (180 \text{ г/моль}) \\
 x &= (25000 \text{ кг/год} \times 180 \text{ г/моль}) / (6 \times 44 \text{ г/моль}) \\
 x &= 17045,5 \text{ кг/год}
 \end{aligned}$$

Согласно литературным источникам, эффективность связывания глюкозы в биомассу варьируется от 43% до 62% [15,16]. Принимаем значение 55% как среднее, тогда образование сухой биомассы из глюкозы:

$$17045,5 \times 0,55 = 9375 \text{ кг/год}$$

Свежеобразованные водоросли содержат 80-90% влаги, следовательно, масса образующейся клеточной суспензии:

$$m_{\text{вл}} = m_{\text{сух}} / (1 - \omega_{\text{вл}}), \quad (4)$$

$$m_{\text{вл}} = (9375 \text{ кг}) / (1 - 0,9) = 93750 \text{ кг}$$

Для расчета отстойника используем закон Стокса для определения скорости осаждения [17]:

$$V_{\text{oc}} = 2/9 \times (\rho_{\text{q}} - \rho_{\text{ж}}) / \mu \times g R^2, \quad (5)$$

где ρ_{q} - плотность клетки, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$\rho_{\text{ж}}$ - плотность воды $\text{кг}/\text{м}^3$;

μ - вязкость воды, $\text{Па}^* \text{с}$;

g - ускорение свободного падения, $\text{м}/\text{с}^2$;

R - радиус клетки, м.

Примем средний радиус клетки 5 мкм, а плотность 1070 $\text{кг}/\text{м}^3$ [18,19]. Тогда скорость осаждения:

$$v_{\text{oc}} = 2/9 \times (1070 \text{ кг}/\text{м}^3 - 1000 \text{ кг}/\text{м}^3) / (1,002 \times 10^{-3}) \times 9,81 \times (5 \times 10^{-6})^2$$

$$v_{\text{oc}} = 0,0137 \text{ м/ч}$$

Поверхность осаждения и диаметр отстойника определим по формуле (6) [20]:

$$F = Q / v_{\text{oc}}, \quad (6)$$

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}}, \quad (7)$$

где Q - расход жидкости $\text{м}^3/\text{ч}$

Расход клеточной супензии исходя из плотности $1070 \text{ кг}/\text{м}^3$ равен $0,011\text{м}^3/\text{ч}$. Таким образом:

$$F = (0,011\text{м}^3/\text{ч}) / (0,0137 \text{ м}/\text{ч}) = 0,8\text{м}^2$$

$$D = \sqrt{(4 \times 0,8\text{м}^2) / 3,14} = 1 \text{ м}$$

8.2 Расчет осадительной центрифуги С-101

В центрифуге С-101 происходит разделение клеточной супензии по плотности под действием центробежной силы. При этом биомасса микроводорослей концентрируется, а жидкая фаза удаляется.

Объем барабана центрифуги определим по формуле (8) [21]:

$$V_6 = \pi \times R^2 \times h, \quad (8)$$

где, R - радиус барабана, м

h - высота барабана, м

Примем $h = 1,8 \text{ м}$ и $R = 1,8 \text{ м}$. Таким образом, объем барабана:

$$V_6 = 3,14 \times 1,8^2 \times 1,8 = 18,3 \text{ л}$$

9 Выбор и оценка оборудования

9.1 Модульный метод расчета капитальных затрат

Оценка модульного расчета (Bare Module Cost) является общепринятым стандартным оценки нового предприятия, представляющим достаточно точную предварительную оценку капитальных затрат. Данный метод расчета затрат связывает все затраты с покупной стоимостью оборудования, оцененной для некоторых базовых условий (bare conditions).

В Таблицах 5,6, представлена модульная оценка предприятия по прямым и непрямым статьям расходов, соответственно.

Таблица 5 – Модульная оценка прямых расходов предприятия

| Аппарат | Реальная цена, \$ | F_{BM} | C_{BM} , \$ |
|------------|-------------------|----------|---------------|
| Биореактор | $4500 * 3$ | 3,2 | 43200 |
| Центрифуга | 15800 | 3,3 | 52140 |
| Отстойник | 6000 | 3,1 | 18600 |

| | | | |
|--------------------|--------------------------|-----|----------------------------|
| Лиофильная сушилка | 30000 | 3,4 | 102000 |
| Итого | C _p = 65300\$ | | C _{DE} = 215940\$ |

Таким образом, прямые расходы составят: C_{DE} = 215940\$

Таблица 6 – Модульная оценка непрямых расходов предприятия

| Статья | Диапазон расходов, % |
|--|----------------------|
| Инженерные расходы и инженерный контроль | 18 |
| Строительные расходы | 16 |
| Расходы по доставке и страхованию | 5 |
| Непредвиденные расходы | 10 |

Непрямые расходы составят:

$$C_{IDE} = 0.49 \times \sum C_{DE} = 0.49 \times 215940\$ = 105810\$$$

Общие расходы составят: C_{TOTAL} = C_{IDE} + C_{DE} = 105810\\$ + 215940\\$ = 321750\$

9.2 Оценка капитальных затрат фактором Ланга

Для получения и переработки жидкостной системы фактор Ланга принимается равным 4,74.

$$C_{TM} = F_{Lang} \times \sum C_{p,i} = 4.74 \times 65300\$ = 309522\$$$

10 Расчет производственных затрат

10.1 Расчет стоимости исходных материалов

Расчет стоимости исходных материалов производим исходя из рыночной стоимости необходимых материалов.

Стоимость технической воды составляет 14,8 \$/1000 м³.

На предприятии среднегодовое использование воды с учетом издержек производства и непредвиденных потерь материала составляет 84375 л/год.

Годовые затраты на покупку исходного материала составят:

$$C_{RM} = 14.8\$ \times 84375 \text{ л/год} / 1000 \text{ м}^3 = 1248.75\$/\text{год.}$$

10.2 Расчет стоимости вспомогательных материалов

В Таблице 7 представлена стоимость за единицу объема вспомогательных материалов, а также затраты на их закуп.

Таблица 7 – Стоимость вспомогательных материалов

| Материал | Годовой расход | Цена за единицу, \$ | Стоимость, \$ |
|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------|
| Реагенты для анализов | 12 наборов в год | 10 | 1200 |
| Моющие средства и дезинфекция | 50 л/год | 5 | 250 |
| Фильтрующие элементы | 10 шт/год | 60 | 600 |
| Упаковочные мешки (по 25 кг) | 1 460 мешков (36 500 кг/25кг) | 0.5 | 730 |
| Расходные детали оборудования | 50-100 шт | 30 | 2250 |

Производим подсчет общих годовых затрат на использование вспомогательных материалов на предприятии: $C_{UT} = 1200\$ + 250\$ + 600\$ + 730\$ + 2250\$ = 5030\$/год.$

10.3 Расчет затрат на заработную плату операторов производства

Количество используемых единиц основного оборудования – 4.

$$N_{OL} = (6,29 + 0,23 N)^{0,5} = (6,29 + 0,23 \times 6)^{0,5} = 2,77$$

Требуемое количество вахт – 3.

Итого количество операторов по всем сменам – $3 \times 2,77 = 8,31$ чел

Примем 9 человек. Установим среднюю заработную плату для операторов 650\$/мес. Так как производство находится в Казахстане, то проводим перерасчет в национальную валюту по актуальному курсу, тогда заработная плата одного сотрудника составит 330000 тг.

Тогда общие затраты на заработную плату операторов производства составят: $C_{OL} = 9 \text{ человек} \times 650\$/\text{месяц} \times 12\text{мес}/\text{год} = 70200\$/\text{год}$

10.4 Расчет производственных затрат

Ранее рассчитанные капитальные затраты составили $C_{TM} = 309522\$$

Тогда капитальные затраты равны:

$$FCI = C_{TM} / 2 \text{ года} = 309522\$ / 2 \text{ года} = 154761\$$$

Таким образом общие производственные затраты составляют:

$$COM = (C_{RM} + C_{UT} + (1,915 \div 2,51) C_{OL} + 0,185 F_{CI}) / 0,8 = (1248,75\$ + 5030\$ + (1,915 \div 2,51) \times 70200\$ + 0,185 \times 154761\$) / 0,8 = 110297\$/год$$

Себестоимость производства составит: $C_N = COM/F_B = 110297\$/год / 9375 \text{ кг/год} = 11,7\$/кг$

11 Амортизация и денежный поток

11.1 Расчет амортизации капитальных затрат

Амортизацию можно рассчитать по методу двойного уменьшающегося баланса (Таблица 8). Для этого примем время жизни нашего предприятия n равное 10 годам и рассчитаем по формуле:

$$dk^{DDB} = 2 / n \left(C_{TM} - \sum_1^k d_k \right), \quad (9)$$

Таблица 8 – Результаты оценки амортизации предприятия

| Год k | Ежегодная амортизация, тыс \\$ | Балансовая стоимость предприятия, тыс \\$ |
|---------|--------------------------------|---|
| 0 | 0 | 309,5 |
| 1 | 61,8 | 248,3 |
| 2 | 49,6 | 198,4 |
| 3 | 39,68 | 166,7 |
| 4 | 31,7 | 134,9 |
| 5 | 26,98 | 107,9 |
| 6 | 21,59 | 86,3 |
| 7 | 17,26 | 69,08 |
| 8 | 13,8 | 55,28 |
| 9 | 11,05 | 44,23 |
| 10 | 8,84 | 35,4 |
| Всего | 282,3 - общая амортизация | 35,4 - ликвидационная стоимость |

Общая амортизация капитальных затрат за 10 лет составила 282300\$.

Ликвидационная стоимость предприятия после 10 лет эксплуатации будет составлять 35400\$.

11.2 Расчет денежного потока

Чтобы посчитать денежный поток примем условие, что стоимость земли под строительство предприятия составляет 120.000\$, а период строительства и запуска предприятия – 2 года. В первый год предприятия будет инвестировано 60% капитальных затрат, а во второй год – 40% оставшиеся капитальные затраты.

Капитальные затраты – 309522\$

Ликвидационная стоимость – 35400\$

Время жизни предприятия – 10 лет

Рабочий капитал (Working Capital or WC) – это величина (часть операционных затрат), требуемая для запуска производства. Обычно она составляет производственные затраты на несколько месяцев для устойчивого запуска и работы предприятия.

Примем рабочий капитал в объеме 1 месяца производственных затрат: $WC = 1/12 \times COM = 1/12 \times 110297\$/год = 9191,4\$$.

Нанесем указанные значения на диаграмму денежного потока (рисунок 25).

Срок окупаемости (Payback Period или PBP) – 5 лет 9 месяцев

Точка безубыточности (Break-even) – 7 лет 3 месяца

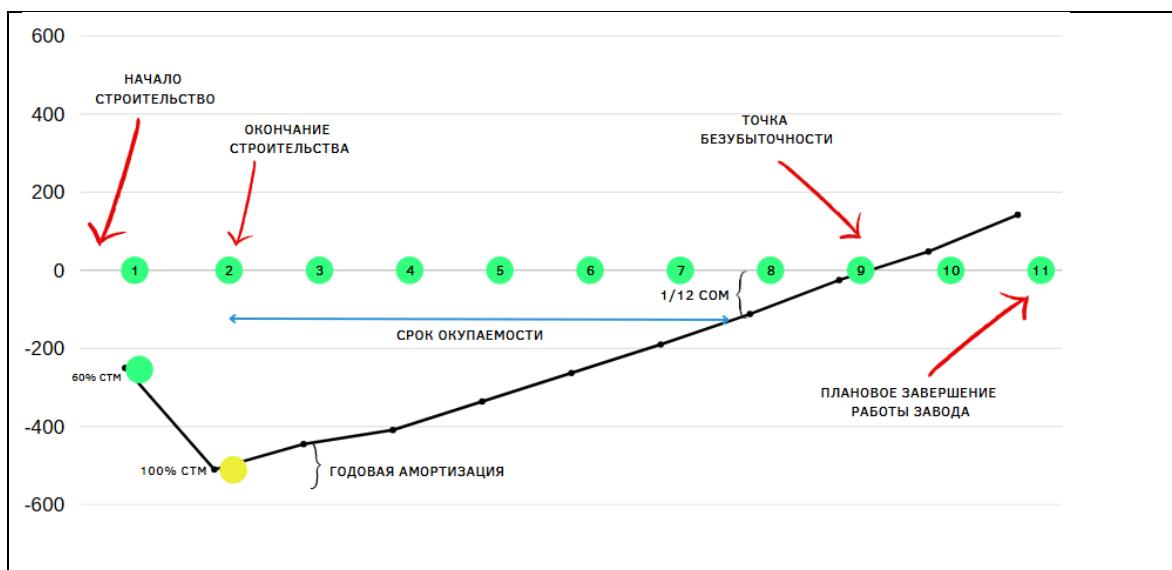


Рисунок 25 – График расчета точки безубыточности производства

12 Рентабельность проекта, понятие интереса и чистая приведенная стоимость проекта

Норма возврата инвестиций (Rate of Return on Investment или RROI) рассчитываем в долларах в виде тангенса угла наклона прямой и в процентах к общим капитальным затратам за год.

Тем самым, $RROI = (309522 + 9194)/7,25 = 42382 \$/год$

$RROI = RROI\$/C_{TM} - 1/n = 42382/309522 - 1/10 = 3,7\%$

Тогда коэффициент накопленной наличности (Cumulative Cash Ratio или CCR) равен:

$CCR = [(120\ 000 + 35\ 400 + 9\ 194)/(10-7,25)]/(120\ 000 + 309522 + 9194)/7,25 = 0,99$

Если сократить непрямые расходы на 9000\$, то коэффициент рентабельности увеличится до 1,01.

CCR больше единицы, значит проект рентабелен.

Рассчитаем доход от продажи продукции биоудобрения, производимого в объеме 9375 кг в год.

Как рассчитывали ранее, себестоимость продукта составляет 11,7 \$/год и учитывая налог в 10% на юридическое лицо, то получаем 12,8\$. Так же берем 15% в виде наценки и тем самым получаем биоудобрение стоимостью 14,5\$/кг.

Тогда доход от продаж составит: $14,5 \times 9375 \text{ кг/год} = 135937,5 \text{ $/год}$

Рабочий капитал для запуска WC составил – 9191,4\$. Капитальные затраты на строительство Стм составили – 309522\$

Итого: $9191,4 + 309522 = 318713 \text{ $}$

Норма возврата инвестиций ROROI – 42382\$/год
Срок жизни проекта n – 10 лет

Примем ставку дисконтирования банка і равной 15%. тогда приведенная стоимость по годам составит.

Таблица 9 – Расчет чистого инвестиционного дохода

| Год | Денежный поток, \$ | Приведённая стоимость, \$ |
|------|------------------------------------|---------------------------|
| T=0 | -318713 | -318713 |
| T=1 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^1$ | 81352,2 |
| T=2 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^2$ | 70741 |
| T=3 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^3$ | 61513,9 |
| T=4 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^4$ | 53490,4 |
| T=5 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^5$ | 46513,4 |
| T=6 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^6$ | 40446,4 |
| T=7 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^7$ | 35170,8 |
| T=8 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^8$ | 30583,3 |
| T=9 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^9$ | 26594,2 |
| T=10 | $(135937 - 42382) / (1+0.15)^{10}$ | 23125,4 |
| | Итого NPV | 150818\$ |

Из-за того, что значение NPV равно 150818\$ (больше нуля), то было бы целесообразнее инвестировать в проект, т.к. он рентабелен и окупаем. Вычисления подтверждают выгодность вложений в данный проект.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе дипломного проекта рассмотрена разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью для производства биоудобрения.

По теме дипломного проекта были достигнуты следующие результаты:

1. Разработана химико-технологическая схема
2. Разработано технико-экономическое обоснование производства биоудобрения на основе биомассы. Капитальные затраты составили 309522 долларов при сроке окупаемости 5 лет 9 месяцев. Производственные затраты производительностью 1 кг/год составили 110297 долларов/год, рентабельность инвестиций – 42382 долларов/год.

По дипломному проекту нами было получено биоудобрение на основе лиофилизированной формы микроводорослей.

Исходя из вышеизложенного технология утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей для получения биоудобрения будет рентабельным, экономически эффективным и экологичным.

ПЕРЕЧЕНЬ ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ И ТЕРМИНОВ

Биомасса – общая масса особей одного вида, группы видов или сообщества в целом, приходящаяся на единицу поверхности или объёма местообитания.

Биоудобрение – препараты микроорганизмов, который способствует увеличению плодородия почвы за счёт повышения концентрации или биодоступности макроэлементов.

МГЭИК – Межправительственная группа экспертов по изменению климата.

РИВ – реактор идеального вытеснения.

NPV – net present value.

ROROI – Rate of Return on Investment.

CCR – Cumulative Cash Ratio.

CO₂ – углекислый газ

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Canadell, J.G., P.M.S. Monteiro, M.H. Costa, L. Cotrim da Cunha, P.M. Cox, A.V. Eliseev, S. Henson, M. Ishii, S. Jaccard, C. Koven, A. Lohila, P.K. Patra, S. Piao, J. Rogelj, S. Syampungani, S. Zaehle, and K. Zickfeld, 2021: Global Carbon and other Biogeochemical Cycles and Feedbacks. In Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge: Cambridge University Press. chapter, 673–816. <https://doi.org/10.1017/9781009157896.007>
2. Lan, X., Tans, P. and K.W. Thoning: Trends in globally-averaged CO₂ determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version Monday, 05-May-2025. <https://doi.org/10.15138/9N0H-ZH07>
3. Méndez, Carlos & Simpson, Nicholas & Johnson, Francis & Birt, Arlene. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report (Full Volume) Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, pp.22. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001
4. Aldo Vieira da Rosa, Juan Carlos Ordóñez, Chapter 13 - Biomass, Fundamentals of Renewable Energy Processes (Fourth Edition), Academic Press, 2022, pp. 577-628, ISBN 9780128160367. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816036-7.00025-7>.
5. <https://www.cyanotech.com/astaxanthin/>
6. <https://www.febico.com/en/category/products.html>
7. <https://www.apfoodonline.com/industry/betatene-australias-own-natural-beta-carotene/>
8. <https://www.algacycle.com/en/project/>
9. Wolf L, Cummings T, Müller K, Reppke M, Volkmar M, Weuster-Botz D. Production of β-carotene with Dunaliella salina CCAP19/18 at physically simulated outdoor conditions. Eng Life Sci. 2020 Sep 13;21(3-4):115-125. doi: 10.1002/elsc.202000044
10. Patrinou V, Patsialou S, Daskalaki A, Economou CN, Aggelis G, Vayenas DV, Tekerlekopoulou AG. Laboratory- and Pilot-Scale Cultivation of *Tetraselmis striata* to Produce Valuable Metabolic Compounds. Life. 2023; 13(2):480. <https://doi.org/10.3390/life13020480>
11. Ma F, Li Y, Han X, Li K, Zhao M, Guo L, Li S, Wang K, Qin K, Duan J, Liu Y, Xu Y. Microalgae-based biofertilizer improves fruit yield and controls greenhouse gas emissions in a hawthorn orchard. PLoS One. 2024 Aug 2;19(8):e0307774. doi: 10.1371/journal.pone.0307774
12. <https://www.liofilizador.com/products/lyophilizer.html>
13. https://dx.doi.org/10.1615/AtoZ.c.carbon_dioxide
14. Adamczyk, Michał & Lasek, Janusz & Skawińska, Agnieszka. (2016). CO₂ Biofixation and Growth Kinetics of *Chlorella vulgaris* and *Nannochloropsis gaditana*. Applied biochemistry and biotechnology. 179. 10.1007/s12010-016-2062-3.
15. Chuanfu Wu, Miao Yu, Qiqi Huang, Hongzhi Ma, Ming Gao, Qunhui Wang, Kenji Sakai, Stimulation of methane yield rate from food waste by aerobic pre-

treatment, *Bioresource Technology*, Volume 261, 2018, pp. 279-287, ISSN 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.006>

16. Somruethai Singhasuwan, Wanna Choorit, Sarote Sirisansaneeyakul, Nakhon Kokkaew, Yusuf Chisti, Carbon-to-nitrogen ratio affects the biomass composition and the fatty acid profile of heterotrophically grown Chlorella sp. TISTR 8990 for biodiesel production, *Journal of Biotechnology*, Volume 216, 2015, pp.169-177, ISSN 0168-1656. <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2015.10.003>

17. Lamb, H. (1994). *Hydrodynamics* (6th Edition). Cambridge University Press. ISBN 978-0-521-45868-9. p. 260

18. Bhuyar, P., Rahim, M.H.A., Maniam, G.P. et al. Exploration of bioactive compounds and antibacterial activity of marine blue-green microalgae (*Oscillatoria* sp.) isolated from coastal region of west Malaysia. *SN Appl. Sci.* 2, 1906 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42452-020-03698-8>

19. A. Lavoie, J.-L. Mouget, J. de la Noile, Measurement of freshwater micro-algal cell density with Percoll density gradients, *Journal of Microbiological Methods*, Volume 4, Issues 5–6, 1986, pp. 251-259, ISSN 0167-7012. [https://doi.org/10.1016/0167-7012\(86\)90036-9](https://doi.org/10.1016/0167-7012(86)90036-9).

20. <https://studfile.net/preview/7849645/page:9/>

21. https://studopedia.su/8_26004_otstoynie-tsentrifugi-periodicheskogo-deystviya.html

22. <https://www.geeksforgeeks.org/latent-heat/>

23. Dexin Wang, Hongjun Han, Yuxing Han, Kun Li, Hao Zhu, Enhanced treatment of Fischer-Tropsch (F-T) wastewater using the up-flow anaerobic sludge blanket coupled with bioelectrochemical system: Effect of electric field, *Bioresource Technology*, Volume 232, 2017, pp. 18-26, ISSN 0960-8524. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.02.010>.

РЕЦЕНЗИЯ
на дипломный проект

Обучающихся Satbayev University:

Искакова Аслана Руслановича, Салиховой Хамиды Сагидуллаевны и Чекалиной Маргариты Валерьевны

Год обучения: 4

Специальность: 6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Тема дипломного проекта: «Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью»

Научный руководитель:

PhD, ассоциированный профессор, Искаков Ринат Маратович

Тема дипломной работы «Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью» актуальна, поскольку решает двуединую задачу – создание необходимого для сельского хозяйства биоорганического удобрения на основе микроводорослей открытого водоема (пруда Кіші Алматы), которые растут за счет поглощения атмосферного CO₂.

Проект хорошо структурирован, материал логически грамотно выстроен, включая от теоретического обоснования (Введение и литературный обзор), с описанием проблем, касающихся темы исследования, определением цели и задач, подходов для их решения и применяемого оборудования до практической значимости проведенных НИР.

Импонирует блок экспериментальных работ авторов, в котором достоверно обосновывается выбор образца биоорганического удобрения для тиражирования в производственных масштабах.

В другом блоке приводится полное описание предприятия и процессов происходящих на нем. Показаны расчеты технологического оборудования и полное финансовое и экономическое обоснование проекта.

Работа написана в соответствии со всеми предъявляемыми стандартами, работа достойна оценки «отлично» и допускается к защите.

Рецензент:

Кодын
Подпись
Доктор химических наук, профессор
Ю. Валентина Константиновна
ХГИ Ақ жаңе бастыны
Зав. кафедрой АО ИХН

(подпись)



13 июня 2025 г.

**ОТЗЫВ
НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

На дипломный проект Исакова Аслана Руслановича, Салиховой Хамиды Сагидуллаевны,
Чекалиной Маргариты Валерьевны

6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Тема: Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью
микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью

Тема дипломной работы «Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25000 кг/год по сырью» весьма актуальна, т.к. направлена на решение возможных энергетических и экологических рисков с переводом в устойчивый энергетический фактор.

Во введении авторы грамотно сформулировали цель и определили задачи, которые необходимо решить в проекте.

В первой главе авторы предлагают теоретическое обоснование проблемы. Теоретические основы раскрывают суть метода, применяемого в проекте.

Вторая глава посвящена конструированию схемы процесса и предприятия. Далее авторы производят расчеты каждого оборудования и вспомогательных материалов, заканчивая каждую главу промежуточными выводами. Выполнена полная экономическая оценка рентабельности предприятия.

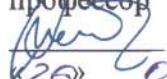
В экспериментальной части студентами были освоены методы выращивания культур биоводорослей и утилизации продуктов их жизнедеятельности.

В заключении приводятся выводы, благодаря которым разработано безотходное экологически чистое рентабельное производство биоудобрений.

В рамках дипломного проекта студенты посетили реакторные лаборатории Назарбаев университета и экологическую компанию KazEcoSolution.

Дипломный проект логически структурирован, между всеми частями существует взаимосвязь. Поставленные задачи решены, цели достигнуты, тема освещена полностью.

В целом работа соответствует всем необходимым стандартам, заслуживает оценки «отлично», рекомендуется к защите. А ее авторы, Исаков А.Р., Салихова Х.С. и Чекалина М.В., заслуживают присвоения квалификации бакалавра по выбранной специальности «Химическая и биохимическая инженерия».

Научный руководитель
доктор химических наук,
профессор
 Исаков Р.М.
26 05 2025 г.



Отчет подобия

Метаданные

Название организации

Satbayev University

Название

Разработка технологии утилизации улавливаемого углекислого газа с помощью микроводорослей производительностью 25 000 кг/год по сырью

Автор

Искаков Аслан Русланович, Салихова Хамида Сагидуллаевна, Чекалина Маргарита Валерьевна, Ринат Искаков

Научный руководитель / Эксперт

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.

13.52%
13.52%
КП1

3.57%
3.57%
КП2

0.29%
0.29%
КЦ

25

Длина фразы для коэффициента подобия 2

5819

Количество слов

42793

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 | Б | 21 |
| Интервалы | А→ | 0 |
| Микропробелы | · | 16 |
| Белые знаки | ⠀ | 0 |
| Парафразы (SmartMarks) | а | 76 |

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 сожержание 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/25819/2022_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D0%99%D0%94%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%98%D0%95%D0%92%D0%98%D0%A3%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%9E%D0%92.pdf | 82 1.41 % |

| | | |
|----|---|-----------|
| 2 | Учебник Plant Design.pdf 10/19/2022 Satbayev University (ИГиНГД) | 38 0.65 % |
| 3 | https://official.satbayev.university/download/document/39790/2024_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D1%8F%D0%B7%D0%B1%D0%B0%D0%B5%D0%B2%20%D0%90%D0%BB%D0%B8%D0%BC.pdf | 37 0.64 % |
| 4 | https://official.satbayev.university/download/document/25819/2022_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D0%99%D0%94%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%98%D0%95%D0%92%20%D0%98%20%D0%A3%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%9E%D0%92.pdf | 26 0.45 % |
| 5 | https://official.satbayev.university/download/document/25819/2022_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D0%99%D0%94%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%98%D0%95%D0%92%20%D0%98%20%D0%A3%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%9E%D0%92.pdf | 25 0.43 % |
| 6 | https://official.satbayev.university/download/document/25819/2022_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D0%99%D0%94%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%98%D0%95%D0%92%20%D0%98%20%D0%A3%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%9E%D0%92.pdf | 24 0.41 % |
| 7 | Культура соматических клеток сахарного сорго в условиях in-vitro 5/31/2024 Satbayev University (ИГиНГД) | 20 0.34 % |
| 8 | https://cf3.ppt-online.org/download/1182022 | 19 0.33 % |
| 9 | https://official.satbayev.university/download/document/39790/2024_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D1%8F%D0%B7%D0%B1%D0%B0%D0%B5%D0%B2%20%D0%90%D0%BB%D0%B8%D0%BC.pdf | 19 0.33 % |
| 10 | 2022 БАК Нариманова и Скачкова.docx 5/19/2022 Satbayev University (ИГиНГД) | 18 0.31 % |

из базы данных RefBooks (0.00 %)

| ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР | НАЗВАНИЕ | КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ) |
|---|--|---|
| из домашней базы данных (3.75 %) | | |
| ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР | НАЗВАНИЕ | КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ) |
| 1 | 2022 БАК Нариманова и Скачкова.docx 5/19/2022 Satbayev University (ИГиНГД) | 112 (10) 1.92 % |
| 2 | Учебник Plant Design.pdf 10/19/2022 Satbayev University (ИГиНГД) | 49 (2) 0.84 % |
| 3 | Культура соматических клеток сахарного сорго в условиях in-vitro 5/31/2024 Satbayev University (ИГиНГД) | 20 (1) 0.34 % |
| 4 | Расчет и дизайн предприятия по получению биометана биохимическим методом мощностью 3,0 тгд из биомассы..docx 5/31/2023 Satbayev University (ИГиНГД) | 14 (2) 0.24 % |
| 5 | Дизайн и расчет предприятия по производству биоводорода из биомассы термохимическим методом с производительность 1 тонна год.docx 6/12/2023 Satbayev University (ИГиНГД) | 12 (2) 0.21 % |

| | | |
|---|---|---------------|
| 6 | Расчет и дизайн предприятия по получению биометана биохимическим методом мощностью 3,0 тгод из биомассы.docx 5/30/2023 Satbayev University (ИГиНГД) | 11 (2) 0.19 % |
|---|---|---------------|

из программы обмена базами данных (0.38 %)

| ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР | НАЗВАНИЕ | КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ) |
|------------------|---|---|
| 1 | Геоэкология Русейкина А 2 курс рус.doc 4/19/2021 Kostanai State University A.Baitursynov (Кафедра биологии, экологии и химии) | 11 (1) 0.19 % |
| 2 | «Ұмытылып бара жатқан салт- дәстүрлөрімізді жаңғырту» 9/23/2024 CSI "Center for the identification and support of gifted children and talented youth "Akmola daryny" of the Department of Education of the Akmola region" (CSI "Center for the identification and support of gifted children and talented youth "Akmola daryny" of the Department of Education of the Akmola region") | 11 (1) 0.19 % |

из интернета (9.40 %)

| ПОРЯДКОВЫЙ НОМЕР | ИСТОЧНИК URL | КОЛИЧЕСТВО ИДЕНТИЧНЫХ СЛОВ (ФРАГМЕНТОВ) |
|------------------|---|---|
| 1 | https://official.satbayev.university/download/document/25819/2022_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D0%99%D0%94%D0%90%D0%A0%D0%90%D0%9B%D0%98%D0%95%D0%92%D0%92%D0%98%D0%20%D0%A3%D0%A0%D0%90%D0%90%D0%9B%D0%9E%D0%92.pdf | 250 (14) 4.30 % |
| 2 | https://official.satbayev.university/download/document/39790/2024_%D0%91%D0%90%D0%9A_%D0%90%D1%8F%D0%B7%D0%B1%D0%B0%D0%B5%D0%B2%20%D0%90%D0%BB%D0%B8%D0%BC.pdf | 240 (19) 4.12 % |
| 3 | https://cf3.ppt-online.org/download/1182022 | 33 (3) 0.57 % |
| 4 | https://prostonauka.com/kislorod-v-zhizni-zhivotnyh | 24 (2) 0.41 % |

Список принятых фрагментов (нет принятых фрагментов)

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