

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К.И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела имени К. Турысова

Кафедра Химической и биохимической инженерии

Сарсенова Лаура Маликовна

Изучение влияния физико-химических факторов на биотехнологические  
свойства микроорганизмов при аэробном биоразложении органических отходов

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 5В070100 – «Биотехнология»

Алматы 2022

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К.И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. Турысова

(наименование института)

Кафедра химической и биохимической инженерии

(наименование кафедры)

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
«Химическая и биохимическая  
инженерия», PhD

Амитова А.А.

«  » 2022 г.

## ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Изучение влияния физико-химических факторов на  
биотехнологические свойства микроорганизмов при аэробном биоразложении  
органических отходов»

по специальности 5В070100 – «Биотехнология»

*Шифр и наименование специальности*

Выполнила

Сарсенова Лаура

Рецензент:

ст. преподаватель КазНУ

им. аль-Фараби к.х.н.,

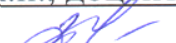
 Керимкулова М.Ж..

« 1 » 06 2022 г.

Научный руководитель:

ассоц. проф. КХиБИ,

К.с.-х.н., доцент

 Джамалова Г.А.

« 09 » июня 2022 г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет имени  
К.И.Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. Турысова

Кафедра химической и биохимической инженерии

5B070100 – «Биотехнология»



**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся, Сарсеновой Лауре Маликовне

Тема: Изучение влияния физико-химических факторов на биотехнологические свойства микроорганизмов при аэробном биоразложении органических отходов.

Утверждена приказом Ректора Университета №-489 от «24» декабря 2021 г.

Срок сдачи законченной работы «12» мая 2022 г.

Исходные данные к дипломной работе: результаты микробиологических лабораторных исследований.

Краткое содержание дипломной работы:

- а) изучить процесс аэробного биоразложения органических отходов;
- б) выявить факторы, влияющие на скорость процесса аэробного биоразложения;
- в) сравнить скорость процесса в присутствии биопрепарата.

Перечень графического материала (с точным казанием обязательных чертежей): представлены 9 слайдов презентации работы



Рекомендуемая основная литература: из 30 наименований.

**ГРАФИК**  
подготовки дипломной работы


Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Выводы. Обзор литературы	28.02.2022	Выполнено
Объект исследования, материал и методика исследования	5.05.2022	Выполнено
Результаты исследования. Заключение и выводы	10.05.2022	Выполнено

**Подписи**

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

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Джамалова Г.А., к.с.х.н., доцент, ассоц.проф.	01.06.2022	
Нормоконтролер	Джамалова Г.А., к.с.х.н., доцент, ассоц.проф.	01.06.2022	


Научный руководитель

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

Джамалова Г.А.

*Ф.И.О.*

Задание принял к исполнению  
Обучающийся

  
\_\_\_\_\_ *подпись*

Сарсенова Л.М.

*Ф.И.О.*

Дата

« 09 » июня 2022 г.

## АННОТАЦИЯ

Дипломная работа выполнена на бумажном носителе в объеме 29 страницы (1,21 Мб на электронном носителе). Диплом включает введение (1 стр.), 3 раздела (18 стр.), заключение и выводы (1 стр.), библиографический список литературы из 30 наименований, 3 таблицы, 6 рисунков.

Актуальность работы обусловлена ухудшающейся ситуацией в мире, связанной со свалкой ТБО в почвы. Исследования, проведенные в ходе дипломной работы, позволят изучить процесс биоразложения, а также сделать выводы об эффективности биопрепаратов, добавляемых в сельском хозяйстве для ускорения процесса компостирования.

Целью исследования является изучение деятельности микроорганизмов в процессе аэробного биоразложения на примере процесса компостирования органических отходов под влиянием биопрепаратов.

Научная и практическая ценность работы заключается в возможности использования полученных результатов в экспериментальной части, а также теоретических материалов литературного обзора в составлении лекций для дисциплин, направленных на изучение процесса аэробного биоразложения, например, «Экологическая биотехнология»

Ключевые слова: биоразложение, биотехнологические свойства, почва, компостирование, ЭМ препарат.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыс 29 бет көлемде қағаз тасымалдағышта орындалды (электронды тасымалдағышта 1,21 Mb). Дипломда кіріспе (1 бет), бөлімдер (18 бет), қорытынды мен тұжырым (1 бет), 30 атаудан тұратын библиографиялық тізім, 3 кесте, 6 сурет қамтылған.

Жұмыстың өзектілігі топырақтағы ҚТҚ үйіндісімен байланысты әлемдегі төмендеп бара жатқан жағдайларға негізделген. Дипломдық жұмыс барысында жүргізілген зерттеулер биоыдырау процесін зерделеуге, сонымен қатар ауыл шаруашылығында қорландыру процесін үдету үшін қосылатын биопрепараттардың тиімділігі туралы тұжырым жасауға мүмкіндік береді.

Зерттеудің мақсаты биопрепараттардың әсерінен органикалық қалдықтарды қорландыру процесі мысалында аэробты биоыдырау процесіндегі микроорганизмдердің қызметін зерделеу болып табылады.

Жұмыстың ғылыми және практикалық құндылығы аэробты ашыту процесінде зерделеуге бағытталған пәндер, мысалы, «Экологиялық биотехнология» үшін дәрістерді әзірлеуде әдебиеттік шолудың теориялық материалдарын, сонымен қатар эксперименттік бөлімде алынған нәтижелерді пайдалану мүмкіндігімен қорытындыланады.

Түйінді сөздер: биотехнологиялық қасиеттер, топырақ, қорландыру, ЭМ препарат.

## ANNOTATION

The diploma work is in paper format containing 29 pages (1,21 Mb of computer media). Diploma contains introduction (1 page), 3 sections (18 pages), conclusion (1 page), bibliographic index containing references to 30 sources, 3 tables, 6 pictures.

Significance of the work is related to the declining issue with the disposal of solid waste into the soil. The research done in the process of completing diploma work will allow to study the process of aerobic digestion as well as draw conclusions related to the efficiency of biopreparations used in agriculture in order to speed up the process of composting.

The purpose of the research. Research study of the microbial activity in the process of aerobic digestion of organic waste based on the example of composting with the use of biopreparations.

Scientific and practical value of the research. Acquired results and conclusions as well as the material of the literature review can be used in the development of theoretical material for university courses aimed for study of aerobic digestion, e.g. «Ecological biotechnology».

Key words: biotechnological properties, soil, composting, EM preparation.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1. Обзор литературы	10
1.1 Органические отходы: коммунальные и производственные	10
1.2 Аэробное разложение органических отходов	12
1.3 Анаэробное разложение органических отходов	15
2. Материалы и методика исследования	19
2.1 Материалы	19
2.2 Методика исследования	21
3. Результаты исследования	23
3.1 Культуральные свойства штаммов микроорганизмов	23
Заключение	26
Список использованной литературы	27



## ВВЕДЕНИЕ

*Актуальность* данной работы связана с проблемой сбыта твердых бытовых отходов и органических отходов в почву, что способствует усугублению проблем с экологией в мире и заключается в выявлении зависимости биотехнологических свойств микроорганизмов от физико-химических факторов в процессе аэробного биоразложения органических отходов.

*Объект исследования:* Микроорганизмы, принимающие участие в процессе аэробного разложения органических отходов в образце почвы.

*Цель исследования.* Изучение влияния физико-химических факторов на биотехнологические свойства микроорганизмов при аэробном биоразложении органических отходов.

*Задачи исследования:*

1 Изучить технологию получения образца для микробиологического исследования почвы;

2 Выявить факторы, влияющие на деятельность микроорганизмов в процессе компостирования;

3 Изучить влияние биопрепаратов на эффективность роста микроорганизмов в процессе аэробного брожения.

*Научная значимость.* Результаты исследований могут быть использованы для разработки лекционного материала по дисциплине «Экологическая биотехнология».

*Практическая значимость.* Результаты исследований по изучению влияния биопрепарата на процесс компостирования позволили подтвердить эффективность действующих микроорганизмов.

Дипломная работа выполнена на основе проведения теоретических (главы 1, 2), и экспериментальных (глава 3) исследований. Работа изложена на 29 странице компьютерного текста, содержит 6 рисунков и 3 таблицы. Библиографический указатель литературы включает 30 научных и учебных источников.

## 1 Обзор литературы

### 1.1 Органические отходы: коммунальные и производственные

Органические отходы, также известные как биоразлагаемые отходы, производятся в основном из живых организмов, растений или животных. Примеры включают пищевые отходы, человеческие отходы, сточные воды, бумажные отходы, навоз, зеленые отходы, биоразлагаемый пластик и отходы скотобоен. Эти вещества являются биоразлагаемыми, но могут способствовать образованию метана, который сильнее влияет на глобальную температуру, чем углекислый газ. Например, около одной трети продуктов питания, производимых в мире, выбрасывается, что составляет 1,3 миллиарда метрических тонн в год [1].

Большинство органических отходов, производимых сегодня, возникают в коммунальном, промышленном и сельскохозяйственном секторах. Муниципальные отходы (а также осадки городских сточных вод) образуются в результате биологической и социальной деятельности человека и содержат большую часть органических отходов. Сельскохозяйственные отходы распространены в животноводстве и производстве продуктов питания. Промышленные отходы возникают во многих разновидностях и наиболее трудно поддаются биологической очистке в зависимости от их происхождения [2].

Твердые бытовые отходы (ТБО) – это твердые отходы, которые ежедневно генерируются домохозяйствами, коммерческими учреждениями, промышленностью и другими. Обычно рассматривается как неизбежный и бесполезный побочный продукт общественной деятельности. ТБО – один из основных отходов, исходные потоки которых включают коммерческие, промышленные и строительные отходы. ТБО в целом включает пищевые отходы, пластик, бумагу, стекло, металл, ландшафтные отходы и т. д. Пищевые отходы – основная доля бытовых отходов в Малайзии по сравнению с городским районом на юго-востоке (40 %) и Центральной Европы, на которую приходится около 24 % их состава ТБО. ТБО могут стать потенциальной угрозой для окружающей среды, поскольку, по оценкам, они превышают два миллиарда тонн в год во всем мире. В Азии более один миллион ТБО в день образуется и, как ожидается, достигнет 1,8 миллиона тонн к 2025 году [3-8].

Приблизительно 70 % мировых ТБО ежегодно выбрасываются на свалки или в окружающую среду, что является символом все более неустойчивой экономической системы, в которой материалы и энергия производятся, используются и быстро выбрасываются [4]. Возможности по переработке образующихся отходов составляют менее 20 %, а оставшиеся 80 % отходов вывозятся непосредственно на свалку без обработки [9].

После того, как ТБО вывозятся на свалки, они подвергаются аэробному разложению, при котором образуется очень небольшое количество  $\text{CH}_4$ . Далее преобладают анаэробные условия, и за счет метаногенной активности ТБО годами выделяют  $\text{CH}_4$ , даже если свалка закрыта производству компоста и

биогаза, 56 заводов по биометанированию, 2. В Индии собирается только 70-75 % ТБО, а перерабатывается только 20-25 %. Технологии обращения с ТБО включают компостирование, переработку и захоронение. На сегодняшний день в стране установлено только 553 завода по 2 завода по производству топлива из отходов (RDF) и 13 заводов по переработке отходов в энергию [10]

Открытый сброс твердых бытовых отходов представляет собой серьезную проблему в развивающихся странах из-за загрязнения окружающей среды (воздуха, земли и воды), опасности для здоровья, потери растительности и неприятного запаха. Эти опасности в основном являются следствием биоразложения из-за гнилостного характера твердых отходов на свалках, которые образуют фильтрат. Если фильтрат без присмотра просачивается в подпочвенные слои, он может ухудшить состояние нижележащей почвы и грунтовых вод. Количество и качество фильтрата зависит от источника воды, поступающей на свалку [11-15]

Исследования показали, что 0,1-0,4 % подземных вод загрязнены свалками и промышленными водоемами. Утечки на свалках могут быть еще более серьезными в развивающихся странах из-за низкого уровня контроля качества и обеспечения качества при строительстве свалок [16].

Только в Соединенных Штатах ежегодно образуется около 66,5 миллионов тонн пищевых отходов и более 1 миллиарда тонн навоза. Производство во всем мире намного выше; было подсчитано, что 1,3 миллиарда метрических тонн, или почти треть всех продуктов питания, производимых каждый год, теряется из-за отходов и порчи. Подавляющее большинство этого материала отправляется на компостирование, свалки и отстойники или разбрасывается по полям, где микроорганизмы разлагают его на углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ) и неорганические соединения. Объем парниковых газов, образующихся при этом, значителен. Во всем мире один только навоз ежегодно генерирует более 18 миллионов тонн выбросов  $\text{CH}_4$  в результате анаэробного разложения [17-26].

Муниципалитеты производят большое количество твердых отходов, и свалки являются важным методом их удаления. При захоронении отходов используется анаэробная микробная деградация, которая вначале протекает быстро, но замедляется на средней и поздней стадиях, когда остаются только целлюлоза, лигнин и другие огнеупорные вещества, что затрудняет достижение стандартов повторного использования. При длительном времени обработки увеличиваются экономические затраты, загрязняются тяжелые металлы, а ценные ресурсы для хранения на свалках используются в течение более длительных периодов времени. Это особенно важно, учитывая, что городское пространство ограничено, а землепользование ограничено. Поэтому важно как можно быстрее достичь состояния минерализованных отходов за счет ускорения и стабилизации захоронения твердых бытовых отходов, раскопок и сортировки для использования ресурсов, тем самым освобождая пространство для повторного заполнения отходами и реализуя устойчивое захоронение [6].

В нескольких исследованиях сообщалось, что твердые бытовые отходы, образующиеся в развивающихся странах, в основном поступают от домашних

хозяйств (55-80 %), за которыми следуют рынки или коммерческие районы (10-30 %). Последний состоит из переменных количеств, генерируемых от производств, улиц, учреждений и многих других. Как правило, твердые отходы из таких источников сильно загрязнены; гетерогенны по своей природе. Таким образом, они имеют различные физические и химические характеристики в зависимости от их исходных источников. Неоднородность таких образующихся твердых отходов является основным препятствием в сортировке и их использовании в качестве материала.

Во всем мире около 71 % ТБО вывозится на свалки. ТБО содержат в основном опасные вещества, в том числе некоторые аккумуляторы, краски, ртутьсодержащие отходы, фармацевтические препараты, средства для ухода за транспортными средствами и многие другие продукты. С другой стороны, более 53 % захораниваемых отходов состоят из твердого картона, дворовых отходов, бумаги и пищевых продуктов, которые поддаются биологическому разложению анаэробными бактериями. Это делает захоронение отходов основным методом утилизации отходов в Европе и США [7].

В Бразилии с населением 207.488.053 человека и обширной территорией, охватывающей 8.515.767 км<sup>2</sup>, Бразилия является самой большой страной в Латинской Америке. Однако только 58,7 % ТБО, собранных в 2015 г., были надлежащим образом утилизированы на санитарных полигонах, а 41,3 % было размещено ненадлежащим образом на контролируемых полигонах или открытых свалках, что составляет 29.973.482 т. При наличии нескольких инициатив сбор вторсырья охватывает менее половины территории страны. Следовательно, страна ежегодно теряет около 2,5 миллиардов долларов из-за того, что перерабатываемые отходы ненадлежащим образом утилизируются на свалках [8].

## **1.2 Аэробное разложение органических отходов**

Наиболее распространенными методами утилизации органических отходов являются сжигание и депонирование, что может привести к загрязнению воздуха и изменению состояния тяжелых металлов в почве пострадавших районов. Коммерчески важные продукты можно подвергать компостированию в присутствии кислорода. Компостирование – это процесс, осуществляемый микроорганизмами для получения более простых органических и неорганических (побочных) продуктов из сложных разлагаемых материалов путем разложения и преобразования. Микробы, бактерии и грибы в изобилии присутствуют в отходах, подлежащих компостированию. Другие микробы включают дрожжи, плесень и актиномицеты. Они доминируют на разных этапах процесса компостирования. Эти микроорганизмы можно разделить на две группы: мезофильные и термофильные [1].

Большая часть пищевых отходов и навоза, производимых в развитых странах, в настоящее время утилизируется путем аэробного или анаэробного

микробного разложения. Первое происходит при компостировании, а второе – в лагунах и на свалках. В результате микробного разложения или органического вещества ежегодно выделяется значительное количество парниковых газов, главным образом в виде двуокси углерода (CO<sub>2</sub>) и метана (CH<sub>4</sub>) [5].

Компостирование представляет собой аэробный процесс саморазогрева. Обычно он протекает через мезофильную (25-40 °С), термофильную (40-65 °С) и фазы охлаждения и созревания (10-40 °С), в каждой из которых преобладают разные группы микробов. Мезофильные бактерии (например, *Lactobacillus*) изначально доминируют, используя легко разлагаемые соединения; термофильные бактерии (например, *Actinobacteria*) постепенно берут верх, когда температура поднимается до 40 °С; а затем мезофильные микробы, особенно грибы (например, *Basidiomycota*), оживают при понижении температуры. Обилие актинобактерий, бацилл и грибов является показателем хорошо функционирующей системы компостирования. Аэробы обычно растут быстрее, чем анаэробы, а грибы являются основными разрушителями лигнина и целлюлозы. В результате компостирование обычно имеет более высокую эффективность разложения органического вещества, чем анаэробное сбраживание, при этом разложение углерода при компостировании до 2 раз выше, чем при анаэробном сбраживании [27-29].

При аэробной деградации отходов происходят в основном три типа биохимических реакций: аэробный гидролиз органического вещества, при котором органические загрязнители удаляются за счет потребления кислорода; реакции аэробного нитрования, при которых расходуется в основном кислород для превращения аммиачного азота в нитратный азот; и денитрификация, которая превращает нитратный азот в азот при потреблении большого количества органических веществ [6].

Многие микроорганизмы, такие как бактерии и грибы, оказывают биоразлагающее воздействие как на природные, так и на синтетические полимеры, и проводится множество исследований, чтобы лучше понять механизмы задействованных биохимических процессов. Процесс девулканизации каучука включает разрыв нескольких связей CS вместе с полимерными цепями, при этом удаление серы облегчает переработку каучука. Интенсивно изучаются аэробные и анаэробные микроорганизмы в качестве суфлеров девулканизации, при этом метаболические пути и задействованные ферменты становятся все более известными. *Streptomyces* и *Bacillus* – это организмы, которые обычно выделяют из таких сред, как почвы, содержащие широкий спектр химических соединений, и они упоминаются как биоразлагаемые производные каучука. *Pseudomonas* также является естественным обитателем нескольких сред и связана с разложением различных органических соединений из-за их признанной приспособляемости к различным субстратам и метаболического разнообразия. Таким образом, эти группы бактерий были выделены как хорошие примеры деградирующих бактерий для проверки активности каждой из них на одном образце с применением одних и тех же условий тестирования [30].

Процесс компостирования (аэробный процесс) очень похож на разложение органических компонентов в природе. Сложные органические молекулы расщепляются на мельчайшие единицы микробной активностью и используются высшими развитыми растениями. Эти элементы (частично) избирательно поглощаются корнями растений и включаются в биомассу растений, благодаря чему естественный цикл замыкается. Биохимические процессы при разложении органического вещества при компостировании можно обобщить следующим образом [17]:

- Высвобождение внеклеточных ферментов микроорганизмами и транспорт к субстрату;
- Гидролиз субстрата;
- Диффузия растворенных субстратов в клетку;
- Диффузия растворенных субстратов в клетку;
- Транспорт кислорода через поры;
- Переход кислорода из газа в жидкую фазу;
- Диффузия кислорода через жидкую фазу;
- Диффузия кислорода в клетке;
- Аэробная деградация субстрата в клетке.

Одним из основных преимуществ метода биологического аэробного компостирования является то, что компост органических отходов кондиционирует почву и служит удобрением. Было исследовано добавление микроорганизмов и беспозвоночных для усиления различных биохимических реакций с получением зрелого компоста. Сообщалось, что такое компостирование не только снижает чистые выбросы парниковых газов, но также повышает соотношение углерода и азота и продуктивность почвы. Полученный таким образом компост повышает продуктивность сельского хозяйства, биоразнообразие почвы и снижает экологические риски, создавая лучшую среду обитания для микрофлоры, фауны и человечества. Также было замечено, что нежелательные патогены были уничтожены, а объем отходов уменьшен, что благоприятствовало засыпке полигонов [9].

В качестве важного метода обработки отходов активного ила аэробное сбраживание широко применяется на средних и малых очистных сооружениях. В процессе пищеварения эндогенное дыхание преобладает над бактериальным ростом из-за недостатка поступления углерода. Кроме того, некоторые организмы служат источником углерода посредством клеточного лизиса. Соответственно, разлагаемая фракция отработанного активного ила непрерывно уменьшается, а остаточная фракция с низким содержанием энергии считается биологически стабильной. Кроме того, аэробное сбраживание также может существенно повлиять на свойства и характеристики активного ила отходов, включая размер хлопьев, способность к осаждению, способность к оседанию, способность к обезвоживанию, активность аэробных микроорганизмов и видообразование сообществ [11].

Аэробная очистка должна обеспечивать частичное снижение биоразлагаемых органических загрязнителей, а также обеспечивать

нитрификацию аммонийного азота. Аэробные биологические процессы, основанные на взвешенной биомассе, такие как аэрируемые лагуны, традиционные процессы с активным илом и реакторы периодического действия (SBR), были широко изучены и внедрены. Аэрируемые лагуны обычно рассматриваются как эффективный и недорогой метод удаления патогенов, органических и неорганических веществ. Их низкие затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание сделали их популярным выбором для очистки сточных вод, особенно в развивающихся странах, поскольку для работы системы не требуется особых навыков [13].

В настоящее время в Индии насчитывается более 70 предприятий по компостированию смешанных твердых бытовых отходов, на которых перерабатывается до 5,9 % от общего количества пищевых отходов с получением около 4,3 млн. тонн компоста в год. В Таиланде компостирование обычно используется для переработки твердых органических отходов. В настоящее время, по данным Департамента по борьбе с загрязнением (2019 г.), система утилизации перерабатывает около 1,26 млн. тонн пищевых отходов, которые были компостированы для производства органических удобрений и биогаза. Кроме того, такие города, как Мехико, Мексика, и Росарио, Аргентина, компостируют более 10 % своих отходов [12].

Для повышения производительности анаэробных метантенков в последние годы большое внимание уделяется совместному сбраживанию различных органических отходов, таких как активный ил, кухонные отходы, овощи, домашний скот, солома и птичий помет [14].

### **1.3 Анаэробное разложение органических отходов**

Анаэробное сбраживание – это процесс, в котором микроорганизмы расщепляют органические составляющие, и широко описывается как осадок сточных вод, промышленные и сельскохозяйственные отходы, поскольку обеспечивает уменьшение объема и массы исходного материала. Анаэробное сбраживание является одним из способов обработки отходов, который обещает приемлемое решение для сокращения и стабилизации объема ТБО перед переходом на устойчивое управление свалкой. Анаэробная обработка также классифицируется как надежный механизм биохимической конверсии и широко практикуется [18].

Во влажной среде в анаэробных условиях органические вещества разлагаются под действием метаболически активных микроорганизмов в процессе анаэробного сбраживания с образованием топлива, богатого метаном, биогаза, который можно применять в нескольких областях, таких как прямое сжигание и производство тепла, электроэнергии и интеграция с сетью природного газа, а также используется в качестве топлива для транспортных средств [21].

Процесс анаэробного сбраживания расщепляет органические вещества до простых химических компонентов с использованием четырех различных стадий. Это гидролиз, ацидогенез, ацитогенез и метаногенез. На четвертом этапе ацетат превращается в  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$ . На производительность и стабильность процесса анаэробное сбраживание сильно влияют различные рабочие параметры, такие как температура, pH, соотношение углерода и азота, время удерживания и скорость загрузки органическими веществами [2].

Анаэробное сбраживание можно проводить либо мезофильно при 30-38 °С, либо термофильно при 50-55 °С в периодической или непрерывной системе. Как и при аэробном компостировании, температура является наиболее важным фактором, влияющим на скорость инактивации патогенных микроорганизмов при анаэробном сбраживании. Исследования показали, что время, необходимое для сокращения популяции бактерий на 90 %, колеблется от часов при термофильном пищеварении до дней при мезофильном пищеварении [23].

При очистке городских сточных вод утилизация шлама становится все более важной проблемой, на которую приходится до 50 % текущих эксплуатационных расходов очистных сооружений. Несмотря на то, что возможны различные пути утилизации, анаэробное сбраживание играет важную роль благодаря своей способности далее преобразовывать органические вещества в биогаз (60-70 об. % метана,  $\text{CH}_4$ ), так как, таким образом, оно также снижает количество твердых частиц конечного ила, подлежащих удалению, при одновременном разрушении большинство патогенов, присутствующих в иле, и ограничивающие проблемы с запахом, связанные с остаточными гнилостными веществами [20].

Анаэробное сбраживание, вероятно, является одной из наиболее многообещающих технологий преобразования органических отходов в биоэнергию, включая богатый метаном биогаз и продукты удобрений. В Новой Зеландии анаэробное сбраживание считается наиболее привлекательным решением для управления отходами, поскольку оно является экологически безопасным, экономичным и соответствует существующей стратегии управления отходами в стране. Анаэробное сбраживание использует пищевые отходы в качестве сырья для производства биоэнергии, такой как биометан, биоводород и биоэтанол. Однако производство биогаза в Малайзии в основном сосредоточено на производстве пальмового масла, поскольку, по оценкам, 80 % энергетического потенциала биомассы приходится на производство пальмового масла. Вырабатываемая энергия считается зеленой энергией, поскольку она производится из возобновляемых источников, которые менее вредны для окружающей среды, чем ископаемое топливо [3].

В настоящее время эта технология применяется не только для анаэробной стабилизации ила на очистных сооружениях, но и в процессах совместного сбраживания с другими органическими субстратами, такими как ОФТБО (органическая фракция твердых бытовых отходов) или промышленными отходами. Высокоскоростная анаэробная очистка сточных вод, в частности технология UASB (анаэробный слой ила с восходящим потоком), привлекла



внимание в последние десятилетия, поскольку она позволяет обрабатывать сильно загрязненные жидкие субстраты при уменьшенном HRT гидравлическом времени удерживания, если по сравнению с традиционными реакторами [19].

В отличие от аэробных процессов, анаэробное сбраживание сохраняет энергию и производит очень мало твердых веществ, но имеет низкую скорость реакции. Кроме того, полученный  $\text{CH}_4$  можно использовать для обогрева метантенка, обычно работающего при 35 °С, а при благоприятных условиях и для внешних целей [13].

Анаэробное сбраживание широко используется для обработки различных потоков отходов, таких как муниципальный шлам или отходы животноводства. Для обработки микроводорослей с помощью анаэробного сбраживания материалы для сбраживания могут быть либо сырой биомассой водорослей, либо остатком после извлечения масла из биомассы. Процесс анаэробного сбраживания также может минерализовать органический азот. Существуют недостатки использования анаэробного сбраживания для обработки биомассы водорослей. В общем, клетки водорослей содержат «жесткую» клеточную стенку, которую трудно переваривать. Белки, содержащиеся в биомассе, при разложении выделяют аммиак; высокий уровень аммиака может ингибировать микроорганизмы в метантенках. Ингибирование становится более сильным при переваривании остатков водорослей, экстрагированных липидами, поскольку содержание белка еще выше [22].

Процесс переваривания начинается с бактериального гидролиза исходных материалов, чтобы разрушить нерастворимые органические полимеры, такие как углеводы, и сделать их доступными для других бактерий. Затем ацидогенные бактерии превращают сахара и аминокислоты в  $\text{CO}_2$ , водород, аммиак и органические кислоты. Затем ацетогенные бактерии превращают полученные органические кислоты в уксусную кислоту вместе с дополнительным аммиаком, водородом и  $\text{CO}_2$ . Наконец, метаногены превращают эти продукты в метан и  $\text{CO}_2$ . Анаэробное сбраживание используется как часть процесса обработки органических и сельскохозяйственных отходов и осадков сточных вод. Анаэробное сбраживание также можно использовать для удаления органических отходов на очистных сооружениях. Анаэробное разложение происходит в условиях с высоким содержанием твердых веществ (более 30 % от общего количества твердых веществ) и в статических условиях без перемешивания. Процесс биодegradации обычно требует одной-двух недель выдержки [24].

Анаэробное сбраживание осуществляется группой или консорциумом бактерий, работающих вместе, чтобы преобразовать органическое вещество в газ и неорганические составляющие. Первым этапом анаэробного сбраживания является расщепление твердых частиц до растворимых органических компонентов, которые могут проходить через клеточную стенку бактерий. Гидролиз или разжижение нерастворимых материалов является лимитирующей стадией анаэробного сбраживания суспензий отходов. Этот этап осуществляется различными бактериями за счет высвобождения внеклеточных ферментов, которые находятся в непосредственной близости от бактерий. Растворимые

органические вещества, которые образуются в результате гидролиза, состоят из сахаров, жирных кислот и аминокислот. Эти растворимые компоненты превращаются в диоксид углерода и различные органические кислоты с короткой цепью под действием кислотообразующих бактерий. Другие группы бактерий снижают токсичность водорода, очищая водород с образованием аммиака, сероводорода и метана. Группа метаногенов превращает уксусную кислоту в газообразный метан. Происходит множество разнообразных физических, химических и биологических реакций. Бактериальные консорциумы катализируют эти реакции. Все составляющие отходов не одинаково разлагаются или превращаются в газ в результате анаэробного сбраживания. Анаэробные бактерии не разлагают лигнин и некоторые другие углеводороды. При переваривании отходов, содержащих высокие концентрации азота и серы, могут образовываться токсичные концентрации аммиака и сероводорода. Отходы, которые плохо растворяются в воде, разлагаются медленно [25].

При анаэробной очистке микробный гидролиз и подкисление микроорганизмами могут преобразовать стойкие органические вещества в красильных сточных водах в биоразлагаемые, улучшить биоразлагаемость сточных вод и удалить часть организмов для создания благоприятных условий питания для последующей аэробной обработки в красильных сточных водах. Несколько типов анаэробных реакторов, таких как анаэробный слой ила с восходящим потоком, слой расширенного гранулированного ила, анаэробный реактор с перегородками, анаэробный реактор с усиленной циркуляцией, анаэробные мембранные биореакторы, анаэробный последовательный реактор периодического действия и анаэробный реактор с боковым потоком использовались для обработки сточных вод после окрашивания. Среди этих технологий анаэробный реактор с боковым потоком использует структуру перегородки для формирования нескольких отдельных отсеков внутри реактора, режим течения в которых преимущественно поршневой. Анаэробный реактор с боковым потоком также образует многоуровневую и многофазную анаэробную среду, обладает прекрасной буферной способностью, устойчивой к ударным нагрузкам и адаптивностью к поступающим токсикантам [26].

Большое разнообразие ингибирующих веществ является основной причиной выхода из строя анаэробного варочного котла, поскольку они присутствуют в значительных концентрациях. Среди различных условий окружающей среды рН является наиболее чувствительным параметром. рН жидких стоков из метантенков указывает на стабильность системы, и его изменение также зависит от буферной способности системы [28].

## 2. Материалы и методика исследования

### 2.1. Материалы

#### 2.1.1. ЭМ препарат «Байкал ЭМ1»

ЭМ препараты – такие препараты, полученные на основе эффективных микроорганизмов. Микрофлора биологических объектов может состоять как из полезных бактерий, так и из вредных. В состав ЭМ препаратов входят не только различные штаммы бактерий, но и грибов классов актиномицет, дрожжевых и др, что позволяет повысить эффективность препаратов для использования в нескольких целях. Препарат «Байкал ЭМ1» применяется для обработки почвы, семян, рассады, корневых систем, а также для приготовления компоста [29]. Согласно инструкциям, представленным на бутылке препарата «Байкал ЭМ1» на рисунке 1, на 10л компостируемой массы приходится 100 мл препарата. В ходе исследования, ввиду малых масштабов, объем добавляемого препарата к образцам был скорректирован в меру позволения предоставленного оборудования.



Рисунок 1. ЭМ препарат «Байкал ЭМ1»

#### 2.1.2. Оборудование и его подготовка

В ходе исследования использовались стеклянные колбы и пробирки, а также чашки Петри, как одноразовые, так и многоразовые, стеклянные.



Рисунок 2. Пробирки для разведения

В первую очередь, в целях стерилизации, колбы с смесью питательной среды, пустые колбы и пробирки помещались в автоклав при температуре 120 °С. По прохождении 1,5 часов оборудование достали и приступали к дальнейшей работе. Автоклав представляет собой герметичный аппарат, где происходит нагревание содержимого под давлением.



Рисунок 3. Автоклав

После стерилизации, подготовленные образцы, приготовление которых описано в разделе 2.2, помещались в ламинарный бокс биозащиты 2 класса на рисунке 4. Ламинарные боксы предназначены для работы с биологическими образцами в стерильных условиях. Ламинарный поток обеспечивает подачу стерильного воздуха в бокс. Аппарат оборудован ультрафиолетовыми лампами, которые также обеспечивают стерильность среды. 2 класс биозащиты означает

отсутствие герметичности, но улучшенная система подачи воздуха через фильтр, отличный от ламинарных боксов 1 класса биозащиты.



Рисунок 4. Ламинарный бокс биозащиты 2 класса

## 2.2. Методики исследования

### 2.2.1. Технология приготовления исследуемых образцов к посеву

В ходе выполняемых исследований в качестве объекта исследования были взяты пищевые отходы, преимущественно остатки фруктов – банана и яблока, а также почва. Образец органических отходов был подвергнут измельчению, после чего смешан с почвой в соотношении 1:2 (8 г и 16 г отходов и почвы соответственно). Изучение влияния физико-химических факторов на процесс биоразложения проводился с добавлением препарата с эффективными микроорганизмами (далее – ЭМ препарат). В ходе исследования были проведены три эксперимента с разным содержанием ЭМ препарата: 0 мл (Контроль), 0,3 мл (Опыт 1) и 0,6 мл (Опыт 2).

Посев производился чашечным методом Коха. Метод заключается в произведении посева определенного объема в чашки Петри на твердой питательной среде. Далее чашки помещают в термостат и по прохождению 24 часов проводят подсчет колоний. Допускается, что колония выросла из одной клетки. Таким образом, метод делится на 3 стадии: разведение, посев и подсчет.

### 2.2.1 Разведение исследуемых образцов

В ходе исследования, проводилось десятичное разведение. Разведение образца производят в целях уменьшения концентрации бактерий в

анализируемом образце для их более легкого подсчета. Анализируемый образец массой 1 г разводили в 100 мл дистиллированной воды и тщательно перемешали. Таким образом получали разведение 1:100. Дальнейшее разведение и посев проходили в ламинарном боксе, для обеспечения стерильности и, соответственно, чистоты эксперимента.

Далее исследуемый материал объемом 1 мл пипеткой разводили в 9 мл дистиллированной воды в пробирке. Процесс повторили еще один раз, в итоге получив разведение 1:10000.

### 2.2.2 Посев

После разведения посев проводился на питательной среде Plate Count Agar (PCA). Подготовленная на водяной бане среда разливалась на чашки Петри, после чего чашки оставляли в горизонтальном положении для застывания агара. На поверхность питательной среды наносили несколько капель исследуемого образца, после чего распределяли стеклянным шпателем. Засеянные чашки Петри переворачивали и помещали в термостат с температурой 28.5 C° на 24 часа.



Рисунок 5. Посев методом Дригальского

Согласно методу Дригальского, посевной материал наносится на питательную среду пипеткой объемом в 1-2 каплю, после чего стерильным шпателем распределяется по поверхности питательной среды.

### 3 Результаты исследования

#### 3.1 Культуральные свойства штаммов микроорганизмов

Расшифровка:

Опыт 1 – Анализируемая смесь с добавлением ЭМ препарата объемом 0.3мл

Опыт 2 – Анализируемая смесь с добавлением ЭМ препарата объемом 0.6 мл

Контроль – Анализируемая смесь без добавления ЭМ препарата

Изучали скорость роста через 24 ч культивирования.

В Таблице 1 приведены количественные результаты проведенных исследований. Три эксперимента, различающиеся объемом добавленного биопрепарата, были проведены с перерывом в 4 дня (конец эксперимента) по завершении процесса компостирования.

В ходе исследования использовалась следующая формула:

$$Cv = \frac{\sigma \times 100}{\bar{X}} \quad (1)$$

Где,  $C_v$  – достоверность результатов,  $\sigma$  – отклонение,  $\bar{X}$  – среднее число колоний. Расчеты проводятся с целью определить погрешность в расчетах во время проведения эксперимента. Таким образом,  $C_v$  показывает, насколько достоверны полученные отклонения  $m_x$ .

Таблица 1. Количественный учет микроорганизмов.

Опытная группа	Начало эксперимента			Конец эксперимента		
	Хим. анализ, ед. изм/	Обсемененность $\bar{X} \pm m_x$ , КОЕ/г	$C_v$ , %	Хим. анализ, ед. изм/	Обсемененность $\bar{X} \pm m_x$ , КОЕ/г	$C_v$ , %
Опыт 1	13,9	$4 \pm 1,42$	50	216,160	$188 \pm 9,71$	7,28
Опыт 2	6,4	$2 \pm 1$	57	84,60	$72 \pm 6,01$	11,78
Контроль	9,4	$5 \pm 1,58$	44,8	178,96	$137 \pm 8,3$	8,5

Таблица 2. Скорость роста выделенных штаммов микроорганизмов на плотной питательной среде

Опытная группа	Время контроля		
	24	48	72
Опыт 1	21/154	56/238	85/284
Опыт 2	10/83	48/105	117/193
Контроль	14/51	31/79	46/101

Таблица 2 и рисунок 5 показывают, насколько рост микроорганизмов в чашках Петри изменился с прохождением времени. Можно заметить, что наиболее активный рост наблюдался в первом опыте после 4 дней компостирования и как в начале, так и конце наблюдений во втором опыте. Более активный рост в опыте 2 объясняется большим количеством ЭМ препарата по сравнению с опытом 1 и контролем. Следовательно, можно сделать вывод об эффективности биопрепарата в процессе компостирования. Наличие увеличенного количества бактерий в пробе свидетельствует о их активной деятельности, что позволяет ускорить процесс аэробного брожения.

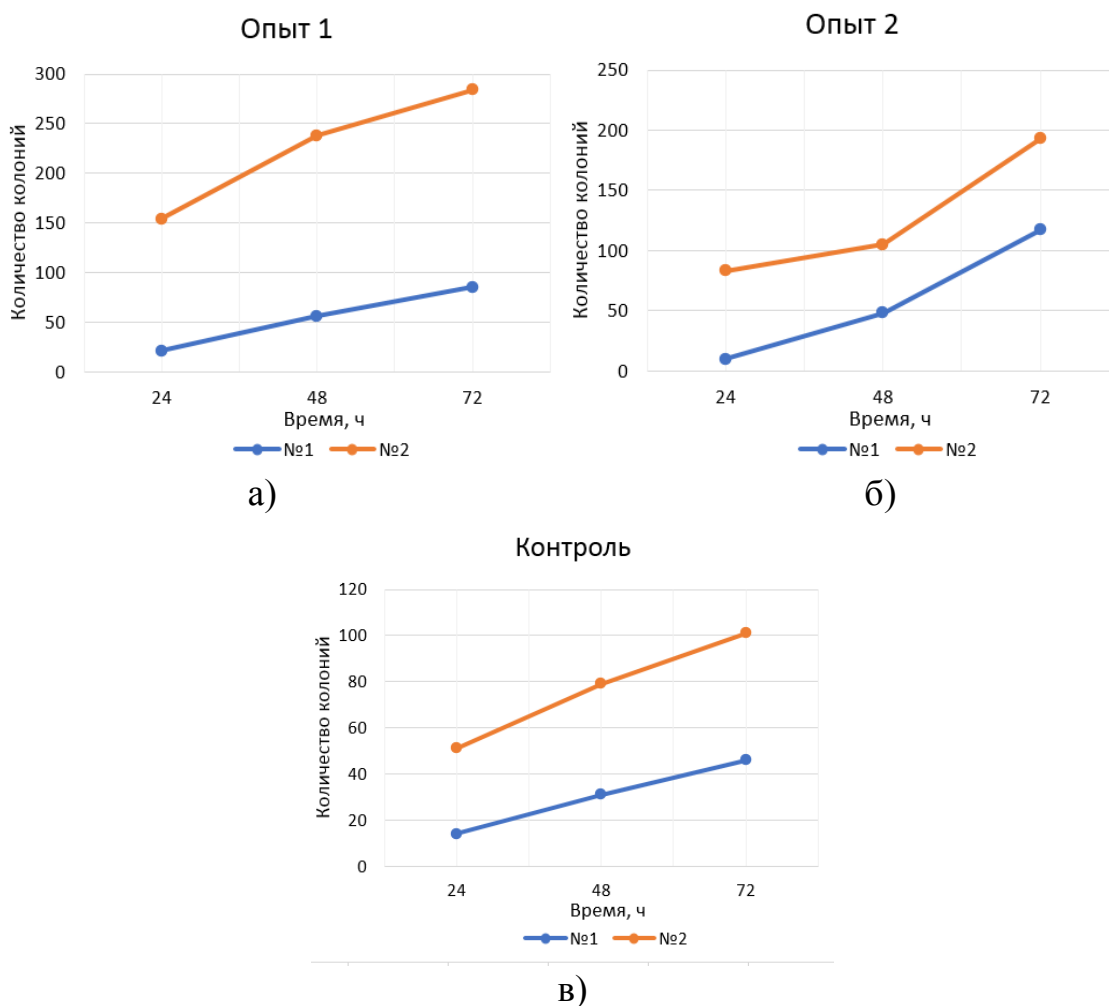


Рисунок 6. Сравнительные графики роста микроорганизмов.

В таблице 3 описаны культуральные свойства микроорганизмов. В ходе исследования наблюдались представители двух штаммов. Первая колония отличается желтым цветом, колонии слабо пропускают свет. Из этого можно предположить, что эта колония скорее всего является колонией мезофильных бактерий, принимающих участие в первой стадии. Что касается второй колонии, имеет место предположение о наличии термофильных бактерий второй стадии процесса аэробного процесса. В ходе третьей стадии компостирования, обычно



наблюдается деятельность актиномицетов, однако форма колонии была бы с ризоидным краем или нитевидной, что позволяет исключить наличие таких бактерий в ходе исследования.

Таблица 3. Культуральные свойства микроорганизмов

<b>Культуральные свойства</b>							
<b>Номер колонии</b>	<b>Форма колоний</b>	<b>Размер колоний</b>	<b>Рельеф колоний</b>	<b>Контур края</b>	<b>Поверхность колоний</b>	<b>Цвет</b>	<b>Оптические свойства поверхности</b>
№1	Круглая	Точечный	Выпуклый	Гладкий	Гладкая	Желтый	Прозрачный
№2	Круглая с фестончатым краем	Мелкий	Плоский	Гладкий	Гладкая	Белый	Прозрачный

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В процессе исследования были замечены рост и ускоренное развитие микроорганизмов по прохождению 4 дней после добавления ЭМ препарата. Таким образом, можно сделать вывод об исключительной эффективности биопрепарата в процессе компостирования.

Целями данной работы являлось изучение процесса аэробного сбраживания, а также различные факторы, которые могут на него повлиять. К таким факторам, в первую очередь, можно отнести температуру; в процессе компостирования она поддерживалась в промежутке 15-20 °С, а температура в термостате – 28,5 °С. К таким факторам также необходимо отнести аэрацию образцов, чтобы позволить аэробным бактериям получать необходимый для жизнедеятельности кислород, а также наличие воды для обеспечения влажности среды. К остальным факторам можно отнести рН среды, который поддерживался самими микроорганизмами вне зависимости от исследования.

В ходе проведения исследования все поставленные задачи были выполнены.

Проведенное исследование было выполнено согласно методическим указаниям. В дальнейших исследованиях рекомендуется увеличить число повторений для более точных результатов. Дальнейшие исследования могут быть направлены на улучшение существующих или разработку новых биопрепаратов, способствующих повышению эффективности процесса компостирования, а также для разработки удобрений.

## **ВЫВОДЫ**

1 Изучена технология получения образца для микробиологического исследования почвы.

2 Выявлены факторы, влияющие на деятельность микроорганизмов в процессе компостирования.

3 Изучено влияние биопрепаратов на эффективность роста микроорганизмов в процессе аэробного брожения.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Poonam Patel, Arpan Modi, Dipal Minipara, Ajay Kumar Chapter 10 - Microbial biosurfactants in management of organic waste // Sustainable Environmental Clean-up, 2021. – vol. 1. – PP. 211-230. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823828-8.00010-4>.
- 2 Ingole, Dr. Nitin & Dhawale, Vaibhav Methane Production from Organic Waste – An Overview // Water Environment Research, 2021. – vol. 6. – PP. 37-76.
- 3 Zulkifli A.A., Mohd Yusoff M.Z., Abd Manaf A., M.R., Roslan A.M., Ariffin H., Shirai Y., Hassan M.A. Assessment of Municipal Solid Waste Generation in Universiti Putra Malaysia and Its Potential for Green Energy Production // Sustainability, 2019. – vol. 11. – PP. 3909-3909.
- 4 Uekert, T., Pichler, C.M., Schubert, T. Solar-driven reforming of solid waste for a sustainable future // Nat Sustain 4, 2021. – vol 1. – PP. 383-391. <https://doi.org/10.1038/s41893-020-00650-x>.
- 5 Perednia D. A., Anderson J., Rice A. A comparison of the greenhouse gas production of black soldier fly larvae versus aerobic microbial decomposition of an organic feed material // Res. Rev. J. Ecol. Environ. Sci., 2017. – vol. 5. – PP. 10-16.
- 6 Xiao D. et al. An Aerobic Degradation Model for Landfilled Municipal Solid Waste // Applied Sciences, 2021. – vol. 11. – PP. 7557.
- 7 Abdel-Shafy H. I., Mansour M. S. M. Solid waste issue: Sources, composition, disposal, recycling, and valorization // Egyptian journal of petroleum, 2018. – vol. 27. – PP. 1275-1290.
- 8 Alfaia R. G. S. M., Costa A. M., Campos J. C. Municipal solid waste in Brazil: A review // Waste Management & Research, 2017. – vol. 35. – PP. 1195-1209.
- 9 Murugesan, V., Amarnath, D.J. Bio-process performance, evaluation of enzyme and non-enzyme mediated composting of vegetable market complex waste // Sci Rep, 2020. – vol. 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-75766-3>.
- 10 Singh, C.K., Kumar, A. & Roy, S.S. Quantitative analysis of the methane gas emissions from municipal solid waste in India // Sci Rep, 2018. – vol. 8. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-21326-9>.
- 11 Xia, S., Zhou, Y., Eustance, E. Enhancement mechanisms of short-time aerobic digestion for waste activated sludge in the presence of cocoamidopropyl betaine // Sci Rep, 2017. – vol. 7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-13223-4>.
- 12 Chanathip Pharino Food waste generation and management: household sector, Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products // Academic Press, 2021. – PP. 607-618. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824044-1.00045-3>.
- 13 Renou, S & Givaudan, J.G. & Poulain, S & Dirassouyan, F & MOULIN, Philippe Landfill Leachate Treatment: Review and Opportunity // Journal of hazardous materials, 2018. – PP. 468-93.
- 14 Wei, L., Qin, K., Ding, J. Optimization of the co-digestion of sewage sludge, maize straw and cow manure: microbial responses and effect of fractional organic characteristics // Sci Rep, 2019. – vol. 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38829-8>.

15 Hassan, M.M., Haleem, N., Baig, M.A. Phytoaccumulation of heavy metals from municipal solid waste leachate using different grasses under hydroponic condition // *Sci Rep*, 2020. – vol. 10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-72800-2>.

16 Xiang, R., Xu, Y., Liu, YQ. Isolation distance between municipal solid waste landfills and drinking water wells for bacteria attenuation and safe drinking // *Sci Rep*, 2019. – vol. 9. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54506-2>.

17 Prof. Dr.-Ing. habil. W. Bidlingmaier, Editor Prof. Dr.-Ing. habil. W. Bidlingmaier *Biological Waste Treatment // The aerobic process (composting)*, 2016.

18 Khairuddin N., Abd Manaf L., Hassan M.A., Halimoon N., Ab Karim W.A.W. Biogas Harvesting from Organic Fraction of Municipal Solid Waste as a Renewable Energy Resource in Malaysia: A Review // *Polish Journal of Environmental Studies*, 2015. – vol. 24(4). – PP. 1477-1490 <https://doi.org/10.15244/pjoes/34670>.

19 Mainardis M., Cabbai V., Zannier G., Visintini D., Goia D. Characterization and BMP Tests of Liquid Substrates for High-rate Anaerobic Digestion // *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 2017. – vol. 31(4). – PP. 509-518.

20 Lise Appels, Jan Baeyens, Jan Degève, Raf Dewil, Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge // *Progress in Energy and Combustion Science*, 2018. – vol. 34. – PP. 755-781. <https://doi.org/10.1016/j.pecs.2008.06.002>.

21 Fernandes A., Jesus T., Silva R., Pacheco M.J., Ciriaco L., Lopes A. Effluents from Anaerobic Digestion of Organic Wastes: Treatment by Chemical and Electrochemical Processes // *Water, Air & Soil Pollution*, 2017. – vol. 228. – PP. 1-8. <https://doi.org/10.1007/s11270-017-3620-1>.

22 Wen Z., J. Liu, F. Chen *Biofuel from Microalgae // Comprehensive Biotechnology (Second Edition)*, 2015. – PP. 127-133. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-088504-9.00172-0>.

23 Jiang X., Z. Chen, M. Dharmasena The role of animal manure in the contamination of fresh food // *Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, Advances in Microbial Food Safety*, 2015. – PP. 312-350. <https://doi.org/10.1533/9781782421153.3.312>.

24 Joseph P. Greene, *Degradation and Biodegradation Standards for Biodegradable Food Packaging Materials // Reference Module in Food Science*, Elsevier, 2019. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.22437-2>.

25 Dennis A. Burke P.E. Options for Recovering Beneficial Products From Dairy Manure // *Environmental Energy Company Dairy Waste Anaerobic Digestion Handbook*, 2015.

26 Qi, Zhixin; Xiang, Guoli; Xiong, Deqi Performance Evaluation of Pilot-scale Hybrid Anaerobic Baffled Reactor (HABR) to Process Dyeing Wastewater Based on Grey Relational Analysis // *MDPI AG*, 2019. <http://dx.doi.org/10.3390/app9101974>.

27 Long Lin, Fuqing Xu, Xumeng Ge, Yebo Li Improving the sustainability of organic waste management practices in the food-energy-water nexus: A comparative review of anaerobic digestion and composting // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2018. – vol. 89. – PP. 151-167. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.025>.

28 Dhar H. Effect of organic loading rate during anaerobic digestion of municipal solid waste // *Bioresource Technology*, 2016. – vol. 217. – PP. 56-61.

29 Кравайнис Ю. Я. ЭМ-препараты и обоснование апробации нового полимикробиологического кормового концентрата в животноводстве // *Вестник АПК Верхневолжья*, 2017. – №. 3. – С. 48-53.

30 Aboelkheir, M.G., Bedor, P.B., Leite, S.G. et al. Biodegradation of Vulcanized SBR: A Comparison between *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa* and *Streptomyces* sp. *Sci Rep* 9, 19304 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55530-y>.

## ОТЗЫВ

### НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу студента Сарсеновой Л.М.  
по специальности 5В070100 – биотехнология

Тема: «Изучение влияния физико-химических факторов на биотехнологические свойства микроорганизмов при аэробном биоразложении органических отходов»

Актуальность работы четко выявлена и обуславливается отрицательными тенденциями в процессах функционирования свалки и переработки твердых бытовых отходов, в частности, органических отходов. Введение хорошо отражает цели и задачи работы, а также научную и практическую значимости.

Литературный обзор, представленный в первом разделе работы, показывает, что было уделено достаточное внимание как сбору теоретической информации, так и ее анализу, и последующему изложению и структурированию расположения полученной информации из литературных источников. Использованная литература соответствовала теме и поставленным целям исследования.

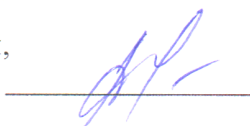
В ходе проведения экспериментальной части работы, студент проявил внимательность, профессиональность и самостоятельность. Описание материалов и методики проведения исследования во втором разделе показало хорошее понимание и последующее выполнение экспериментов согласно предоставленным методикам.

Третий раздел дипломной работы отражает результаты проведенных работ и их анализ. Изложение информации логическое, последовательное и ясное. Представление результатов в табличном виде и в виде графиков показывает хороший анализ полученной информации. Также были проведены соответствующие расчеты с изъяснением выводов.

Заключение работы четко показывает выполнение задач и достижение поставленных целей в ходе проведения работы. Обоснованность выводов свидетельствует о полноте проведенных работ.

Оформление работы соответствует принятым стандартам, выполнение работы соответствует нормативным требованиям ГОСТ и методическим рекомендациям. Дипломная работа является целостным, логическим и завершенным исследованием по данной теме, заслуживает высокой оценки «Отлично-98 %) и допускается к защите.

**Научный руководитель**  
ассоц. проф. КХиБИ, к.с.-х.н,  
доцент  
01.06.2022



Джамалова Г.А.

## РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу  
(наименование вида работы)

Сарсеновой Л.М.

(Ф.И.О. обучающегося)

«5В070100 – биотехнология»

(шифр и наименование специальности)

На тему: «Изучение влияния физико-химических факторов на биотехнологические свойства микроорганизмов при аэробном биоразложении органических отходов»

Выполнено: а) графическая часть на 2 листах; б) пояснительная записка на 29 страницах

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Целью исследования является изучение деятельности микроорганизмов в процессе аэробного биоразложения на примере процесса компостирования органических отходов под влиянием биопрепаратов. В результате работы получены следующие выводы: - изучена технология получения образца для микробиологического исследования почвы; - выявлены факторы, влияющие на деятельность микроорганизмов в процессе компостирования; - изучено влияние биопрепаратов на эффективность роста микроорганизмов в процессе аэробного брожения.

В ходе исследования были проведены три эксперимента с разным содержанием ЭМ препарата: 0 мл (Контроль), 0,3 мл (Опыт 1) и 0,6 мл (Опыт 2). Не указано на чем основывается выбор оптимальных объемов препарата ЭМ.

Теоретическая часть исследования отражена в первом разделе – литературный обзор. Источники, использованные в ходе сбора информации соответствовали требованиям и были связаны с темой. Студент хорошо показал навыки поиска и систематизации найденной информации с ясным и логически последовательным ее изложением. Второй раздел характеризовался описанием материалов и методики выполненной работы. Третий раздел включал в себя описание полученных результатов. Объяснение было ясно дано, анализ результатов через таблицы и графические данные отразило способность четко проводить соискателем анализ итоговых результатов.

### Оценка работы

Объем и содержание дипломной работы Сарсеновой Лауры выполнены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к дипломной работе и позволяющими получить степень бакалавра. Работа выстроена логически грамотно, с использованием научного стиля и с соблюдением требований к оформлению. Дипломная работа может быть допущена к защите, Сарсенова Лаура достойна получения квалификации бакалавра по специальности «5в072100 – Биотехнология» с оценкой «Отлично»

### Рецензент:

ст. преподаватель кафедры аналитической,  
коллоидной химии и технологии редких элементов,  
КазНУ им. аль-Фараби к.х.н.,

Керимкулова М.Ж..

« 1 » \_\_\_\_\_ 2022 г.

ПОДПИСЬ  
01.06.22