

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ  
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К. И. Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К. Турысова  
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»

Серік Әлибек Жомартұлы

Особенности колонизации нефтепроводов микроорганизмами

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Специальность 6В05101 – «Химическая и биохимическая инженерия»

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева

Институт геологии и нефтегазового дела им. К.Турысова  
Химическая и биохимическая инженерия»Кафедра «



### ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Изучение особенностей колонизации нефтяных  
продуктов микроорганизмами»

По специальности 6B05101 – Химическая и биохимическая инженерия

Выполнил

Серік Ә.Ж.

Научный руководитель

Джамалова Г. А.,  
к. с/х н., доцент,  
ассоцированный  
профессор

Рецензент

Курбанова Л.С,  
к.т.н., и.о.доцента  
кафедры ЮНЕСКО  
по устойчивому  
развитию КазНУ им.  
Аль-Фараби

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет  
имени К.И.Сатпаева  
Институт геологии и недрного дела им. К.Турсырова  
Кафедра «Химическая и биохимическая инженерия»  
Специальность 6В05101 – Химическая и биохимическая инженерия

**УТВЕРЖДАЮ**  
Заведующий кафедрой  
«Химическая и  
биохимическая инженерия»  
доктор Ph.D.  
А.А.Амитова  
2023г



**ЗАДАНИЕ  
на выполнение дипломной работы**

Обучающемуся Серік Әлибек Жомартұлы

Тема: Особенности колонизации нефтетрубопроводов микроорганизмами

Утверждена приказом №101 от 23.11.2022

Срок сдачи законченной работы 16 мая 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе

Краткое содержание дипломной работы:

а) Введение: обосновывается актуальность работы, научная и практическая значимость исследования, изложены цели и задачи.

б) Объект и методика исследования: дана характеристика объекту исследования, описаны приемы и методы исследования, а также оборудование, использованное в исследовании.

в) Результаты, заключение и выводы исследования: описаны полученные результаты исследования, даны заключения и выводы

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): представлены 7 слайдов презентации работы, 2 рисунков и 6 таблиц

Рекомендуемая основная литература: из 79 наименований

### ГРАФИК

подготовки дипломной работы (проекта)

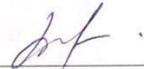
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Введение. Обзор литературы	5 февраля 2023	выполнено
Материал и методика исследований	20 апреля 2023	выполнено
Результаты исследования. Заключение и выводы	18 мая 2023	выполнено

### Подписи

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

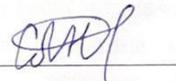
Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Джамалова Г. А., к.с.х.н., доцент, ассоц.проф.	18.05.23.	
Нормоконтролер	Джамалова Г. А., к.с.х.н., доцент, ассоц.проф.	02.06.23	

Научный руководитель, к.с.х.н.,  
доцент



Джамалова Г. А.

Задание принял к исполнению  
обучающийся



Серик А.Ж

## АННОТАЦИЯ

Структура и объем дипломной работы. Дипломная работа, включающая вводную (1 стр.), основную (Обзор литературы – 13 стр., Объект и методы исследования – 4 стр., Результаты исследования – 4 стр.) и заключительную (Заключение и выводы – 1 стр.) часть, основана на применении теоретических (изучено 79 научных источников литературы) и лабораторных (использовано 1 нормативных документов) исследований. В работе представлены 2 рисунка и 6 таблиц.

Цель. Изучение особенностей колонизации нефтетрубопроводов микроорганизмами на автозаправочных станциях.

Полученные результаты:

1. Изучены, на основе теоретических исследований, особенности обитания микроорганизмов в нефтетрубопроводах.

2. Изучены, на основе лабораторных исследований, микроорганизмы, обитающие в нефтетрубопроводах.

3. Изучены культуральные свойства микроорганизмов, выращенные на твердой питательной среде.

## ANNOTATION

The structure and scope of the thesis. The thesis, which includes an introductory (1 page), the main (Literature review – 13-page, Object, and methods of research – 4-page, Research results – 4 page) and the final (Conclusion and conclusions – 1 page) part, is based on the application of theoretical (studied 79 scientific literature sources) and laboratory (used 1 regulatory documents) research. In the work presented 2 figures and 6 tables.

Goal. Study of the features of colonization of oil pipelines by microorganisms at gas stations.

The results obtained:

1. Studied, based on theoretical studies, the features of the habitat of microorganisms in oil pipelines.
2. Microorganisms living in oil pipelines have been studied based on laboratory studies.
3. The cultural properties of microorganisms grown on a solid nutrient medium have been studied.

## АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың құрылымы мен көлемі. Кіріспе (1 бет), негізгі (әдебиетке шолу – 13 бет, зерттеу нысаны мен әдістері – 4 бет, зерттеу нәтижелері – 4 бет) және қорытынды (қорытынды және қорытынды – 1 бет) бөлімді қамтитын дипломдық жұмыс Теориялық (79 ғылыми әдебиет көздерін зерттеді) және зертханалық (1 қолданылған нормативтік құжаттар) зерттеу. Жұмыста 2 сурет және 6 кесте ұсынылған.

Мақсат. Автожанармай құю станцияларында микроорганизмдердің мұнай құбырларын отарлау ерекшеліктерін зерттеу.

Алынған нәтижелер:

1. теориялық зерттеулер негізінде мұнай құбырларындағы микроорганизмдердің тіршілік ету ерекшеліктері зерттелді.

2. зертханалық зерттеулер негізінде мұнай құбырларында өмір сүретін микроорганизмдер зерттелді.

3. қатты қоректік ортада өсірілген микроорганизмдердің мәдени қасиеттері зерттелді.

## СОДЕРЖАНИЕ

	<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	
1	Обзор литературы	10
1.1	Особенности развития нефтяной промышленности в Казахстане	10
1.2	Особенности колонизации нефти и нефтетрубопроводов	14
1.3	Биологические и технологические свойства нефтеокисляющих микроорганизмов	18
2	<b>ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ</b>	23
2.1	Материалы	23
2.1.1	Объект исследования	23
2.1.2	Оборудование	23
2.1.3	Посуда	25
2.1.4	Подготовка материалов	25
2.2	Методики исследования	25
2.2.1	Подготовка исследуемых объектов и посуды	25
2.2.2	Посев	26
2.2.3	Культивирование	26
3	<b>РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ</b>	27
3.1	Изучение полученных колоний	27
3.2	Расчет количественного состава микроорганизмов	28
3.3	Культуральные свойства микроорганизмов, выращенные на твердой питательной среде	28
3.4	Рассуждение о результатах исследования	29
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b>	

## ВВЕДЕНИЕ

Коррозия трубопроводов и нефтехранилищ наносит ущерб нефтегазовой промышленности. Потери от микробиологической коррозии оцениваются в тысячи тонн металла ежегодно. Наиболее острой, глобальной проблемой нефтяной микробиологии на современном этапе является создание способов эффективной защиты нефтепромысловых трубопроводов от биокоррозии. Установлено, что бактерии вызывают 70 процентов биокоррозии, а 23-30 процентов коррозии вызывается микроскопическими грибами. Выделение, изучение и идентификация показали, что основными биокоррозионными агентами являются сульфатированные и гетеротрофные бактерии [1].

Актуальность заключается в многочисленных потерях, связанных с жизнедеятельностью микроорганизмов в нефтетрубопроводах.

Целью работы является изучение особенностей колонизации нефтетрубопроводов микроорганизмами.

Задачи:

1 Изучить, на основе теоретических исследований, особенности обитания микроорганизмов в нефтетрубопроводах.

2 Изучить, на основе лабораторных исследований, микроорганизмы, обитающие в нефтетрубопроводах.

3 Изучить культуральные свойства микроорганизмов, выращенные на твердой питательной среде.

Структура и объем дипломной работы. Дипломная работа, включающая вводную (1 стр.), основную (Обзор литературы – 13 стр., Объект и методы исследования – 4 стр., Результаты исследования – 4 стр.) и заключительную (Заключение и выводы – 1 стр.) часть, основана на применении теоретических (изучено 79 научных источников литературы) и лабораторных (использовано 1 нормативных документов) исследований. В работе представлены 2 рисунка и 6 таблиц.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 Особенности развития нефтяной промышленности в Казахстане

Казахстан, для которого нефтяная отрасль занимает ключевое место в экономике, по производству нефти:

- среди стран СНГ занимает второе место, после России,
- входит в первую тридцатку в мире из 90 стран.

Нефтяная отрасль в Казахстане берёт своё развитие с 1899 г., когда первые залежи нефти были обнаружены в Западном Казахстане [2].

В настоящем крупные залежи нефти сосредоточены, в основном, на западе и севере, в т. ч. по наименованию – это Кашаган, Тенгиз, Карчаганак, Карабатан [3].

С 1991 года углеводородный сектор Казахстана получил около 60% прямых иностранных инвестиций в страну. Казахстан оценивается как потенциальный крупный экспортер нефти в ближайшей перспективе. По прогнозам, огромные природные ресурсы Казахстана удовлетворят 2–3% прогнозируемого мирового спроса на нефть в следующем десятилетии [4].

Месторождение Кашаган – это морское нефтяное месторождение в зоне Каспийского моря [72]. Был открыт в 2000 году, и расположен в северной части Каспийского моря, недалеко от Атырау. Когда месторождение было открыто, считалось вторым по величине нефтяным месторождением в мире [73].

Извлекаемые запасы месторождения Кашаган составляют около 13 миллиардов баррелей сырой нефти. Суровые условия, включая морской лед зимой, колебания температуры от минус 35 до 40 градусов Цельсия, чрезвычайное мелководье и высокий уровень сероводорода, а также неправильное управление и споры делают его одним из самых сложных нефтяных мегапроектов [74]. Кашаган был определен в качестве основного источника поставок для нефтепровода Казахстан-Китай [75]. По оценкам CNN Money, разработка месторождения обошлась в 116 миллиардов долларов США по состоянию на 2012 год, что сделало его самым дорогим энергетическим проектом в мире [76].

Нефтяное месторождение расположено в низменном болоте на северо-восточном побережье Каспийского моря. Месторождение включает в себя лицензионный проект площадью 2500 квадратных километров, который включает в себя небольшое месторождение имени Королева и различные перспективы разведки.

По размерам ширина морского водохранилища составляет 19 километров, а длина - 21 километр [77]. Морское нефтяное месторождение, открытое в 1979 году, является одним из крупнейших нефтяных месторождений в современной истории [78]. Город Атырау расположен в 350

километрах к северу от моря и является важным морским узлом транспортировки нефти.

Первоначально доказанные запасы нефти на шельфе оценивались в 250 миллиардов баррелей. Тенгиз является шестым по величине нефтяным месторождением в мире, запасы сырой нефти на морских и королевских нефтяных месторождениях оцениваются в 6–9 миллиардов баррелей. Одно только Королевское нефтяное месторождение содержит 1,5 миллиарда баррелей нефти, что составляет одну шестую от общего объема [77]. Как и многие другие нефтяные месторождения, Тенгиз обладает большими запасами природного газа. Это нефтяное месторождение является одним из крупнейших в мире и конкурирует с Мексиканским заливом по запасам нефти [79].

Карачаганакское нефтяное месторождение — это конденсатное нефтяное месторождение, расположенное в 23 километрах к востоку от Аксая на северо-западе Казахстана. Он был обнаружен в 1979 году. В пермский и юрский периоды это был комплекс крупных коралловых рифов площадью 30–15 квадратных километров. В самой большой точке резервуара имеется воздушный столб глубиной 1450 метров, а под ним находится нефтяное кольцо глубиной 200 метров. По оценкам, это включает 1,2 трлн кубометров природного газа и 10 млрд тонн жидкого конденсата и сырой нефти.

Отложения состоят из карбонатов неправильной формы, и слои относятся к трем геологическим периодам, и в эти периоды имеется большое количество отложений. Становится ясным следующее:

- Пермь: Кунгур, Артин, Сакмар, Асель
- Каменноугольный период: Серпуховские, Визейские, Турнейские
- Девонский: Фаменский

Условия, при которых образуются отложения, также различны. На основе анализа основных образцов и сейсмических исследований были определены условия формирования известняка, кораллов, обычного моря, мелководья, лагун внутренних рифов, ядер коралловых рифов, относительно глубокой воды, склонов и безводных пород. На самой большой площади толщина водохранилища составляет 1,5 километра.

Кроме того, разнообразие отложений привело к образованию карбонатных ядер с четырьмя различными структурами: биотермической, биоморфно-обломочной, органо-обломочной и биогенной. Среди этих биоморфных пород наиболее распространены обломочные породы, за которыми следуют биотермальные породы. Но его объемы, по оценкам, составляет от 30 до 90 процентов от первой и 10–60 процентов от второй.

В таблице 1.1 и графике на рисунке 1.1 показаны, согласно данным «Бюро национальной статистики, статистические данные роста нефтедобычи в РК в натуральном выражении за период с 1990 по 2021 гг.».

Таблица 1.1 – Производство нефти за период с 1990 по 2021 годы

Год	Производство нефти, тыс. тонн						
1990	21675,9	2001	36060	2008	58646	2015	66520,6
1995	18122,8	2002	42066,7	2009	64345,4	2016	65569,6
1996	21049,7	2003	45376,3	2010	68084,4	2017	72924,9
1997	23408,6	2004	50671,5	2011	67765	2018	77496,2
1998	23818,7	2005	50869,8	2012	66475,2	2019	78643,2
1999	26735,8	2006	54338,8	2013	69483,3	2020	73006,2
2000	30647,9	2007	55265	2014	67907,7	2021	73929,0

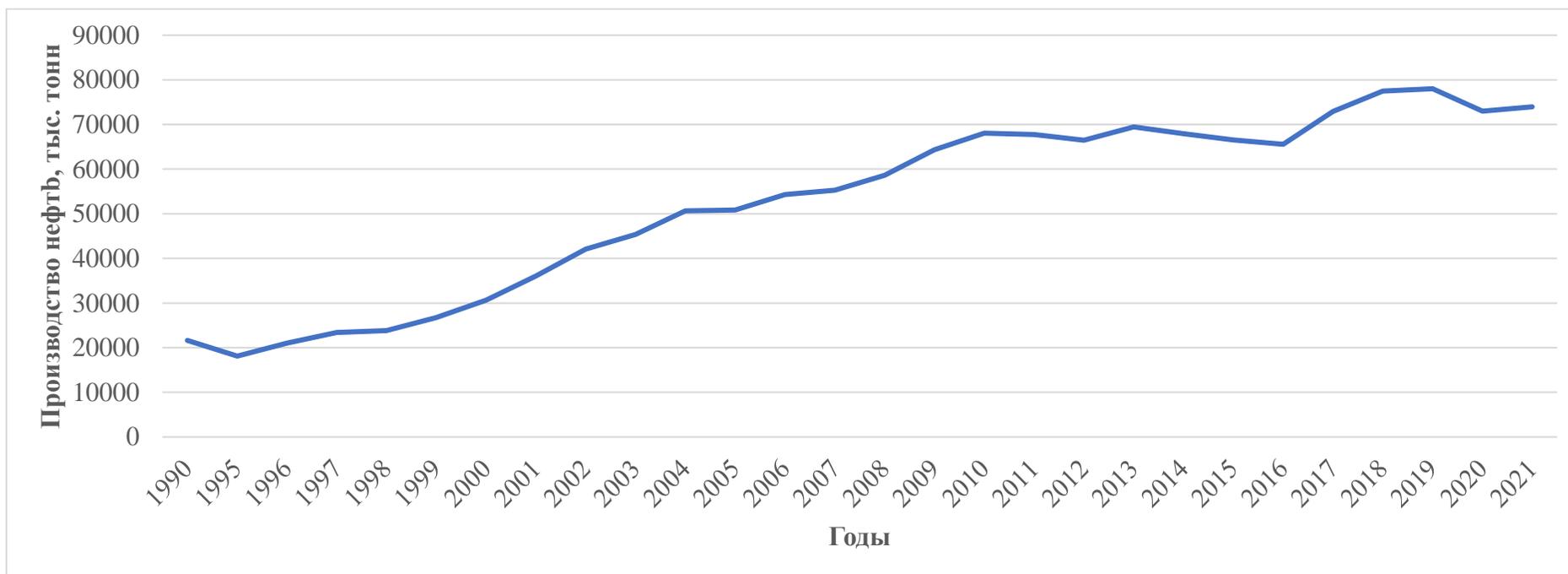


Рисунок 1.1 – Производство нефти за период с 1990 по 2021 годы

## 1.2 Особенности колонизации нефти и нефтетрубопроводов

Для транспортировки нефти конечным потребителям, требуется обширная сеть трубопроводов. Для этих целей изготавливают трубопроводы из углеродистой стали, которая благодаря своим превосходным механическим свойствам и низкой стоимости используются во всем мире [5].

Трубопроводы из стали покрываются снаружи для защиты от коррозии. Однако это не является профилактикой коррозии, в случаях, когда скорость потока низкая или когда трубопроводы застаиваются. Эти факторы могут привести к скоплению воды, вследствие чего начинается локальное ржавление железа. Ржавление железа с образованием оксида железа является типичным примером коррозии. Коррозия металлов и сплавов приводит к огромным потерям для страны, для борьбы с коррозией необходимо большое количество материалов для покрытия, таких как краски, а также коррозионностойкие сплавы [6].

Трубопроводы подразделяются на 3 основные группы в соответствии с их назначением [7]:

- проточные
- собирающие
- магистральные
- распределительные

Проточные трубопроводы предназначены для соединения скважин с хранилищем или с оборудованием для переработки нефти. Они относительно короткие и диаметр их варьируется от 50,8 мм до 152,4 мм. Из-за их относительно небольших размеров, для транспортировки достаточно низкого рабочего давления.

Собирающие трубопроводы далее транспортируют сырую нефть с центрального хранилища в магистральную сеть. Собирающие трубопроводы имеют большой диаметр, от 101,6 мм до 406,4 мм, и для перемещения с помощью них жидкостей требуется высокое давление. Высокое давление обеспечивается за счет насосов.

Магистральные трубопроводы предназначены для транспортировки сырой нефти на большие расстояния до нефтеперерабатывающих заводов или до других терминалов хранения. Диаметр их обычно достигает 1524 мм, а в некоторых случаях до 2032 мм. Для таких больших трубопроводов необходимо большое давление, что создается наличием промышленных насосов в местах происхождения и на насосных станциях вдоль магистральной сети.

Распределительные трубопроводы доставляют продукт конечным потребителям, таким как жилые дома, промышленность и предприятия. Они небольших размеров и имеют диаметр до 203,2–406,4 мм. Обычно изготавливаются из пластика [7].

Микроорганизмы оказывают значительное влияние на коррозию трубопроводов, что может привести к серьезным эксплуатационным проблемам и сокращению срока службы трубопроводных систем. Основные механизмы, через которые микроорганизмы влияют на коррозию трубопроводов, включают:

1. Микробная индуцированная коррозия (МИС) - коррозия, вызванная активностью микроорганизмов. МИС может быть результатом различных метаболических процессов, таких как редукция сульфатов, окисление железа и метаногенез, которые могут привести к образованию агрессивных соединений, таких как сероводород, кислые метаболиты или металлическая сера.

2. Образование биопленок - микроорганизмы могут образовывать слои на поверхности трубопроводов, состоящие из клеток микроорганизмов, экзополимеров и других биомолекул. Биопленки могут изменять химические и физические свойства окружающей среды, способствуя коррозии, а также ускорять перенос коррозионных агентов.

3. Депозиция и осаждение металлов - некоторые микроорганизмы способны окислять или восстанавливать металлы, такие как железо и марганец, приводя к образованию оксидов и солей. Эти соединения могут оседать на поверхности трубопроводов и усиливать коррозию.

4. Образование агрессивных кислот - метаболические процессы микроорганизмов, такие как нитрификация, денитрификация или выделение органических кислот, могут приводить к образованию агрессивных кислот, которые разрушают металлическую структуру трубопроводов [19].

Значительная часть ранних работ микробиологов, работающих с нефтью, была направлена на борьбу с вредным воздействием микроорганизмов на нефтяных месторождениях. В результате изучения причин появления микроорганизмов в трубопроводах, были опубликованы многочисленные сообщения о присутствии микробов в призабойных водоемах нагнетательных скважин. Также было показано, что микроорганизмы являются нормальными обитателями интерстициальных вод [8].

Соответственно, колонизация нефтетрубопроводов начинается в основном с призабойных зон нагнетательных скважин, где создаются оптимальные условия для роста микробных сообществ, находящихся в почве. В таких зонах обитают колонии аэробных бактерий, сульфатвосстанавливающих бактерий, тионовых бактерий и мицелиальные (плесневые) грибы. Все они являются организмами, обладающими деструктивной активностью.

Наибольший вред нефтетрубопроводам приносят группы анаэробных сульфатвосстанавливающих бактерий [9], а также нефтепромысловые эмульсии, образующиеся на различных стадиях разведки, добычи и переработки нефти [10; 11; 12].

Коррозия, как главный источник проблем, влияет на затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание трубопроводов, и многие нефтепроводы сталкиваются с серьезными проблемами коррозии [13]. Подсчитано, что 40% всей внутренней коррозии трубопроводов в нефтяной промышленности можно отнести на счет микробиологической коррозии [14].

Утечка нефти из-за внутренней коррозии стальных резервуаров, были задокументированы в США, Франции, Швеции, Швейцарии и Индии [14; 6]. В нефтепроводах углеводороды и вода расслаиваются в нижней части трубопровода, когда скорость потока ниже, чем требуется для слива жидкостей по трубопроводу, вследствие чего происходит разложение углеводородов микробами на границе раздела жидкостей [15]. Совместное воздействие CO<sub>2</sub>, сульфатредуцирующих бактерий (SRB) и хлорида в зоне низких скоростей вызывает сильную коррозию и выход из строя трубопроводов [16]. Как правило, основными бактериями, участвующими в коррозии систем нефтедобычи, являются анаэробные сульфатредуцирующие бактерии [17], которые образуют сероводород в процессе жизнедеятельности в результате десульфовибриоза. Сульфатредуцирующие бактерии производят сероводород, который вызывает биокоррозию металла, вступая в реакцию с железом [18].

Электронная коррозия под воздействием микроорганизмов вызывают сульфидредуцирующие бактерии семейства *Deltaprotobacteria*, а именно такие виды как:

- *Desulfopila corrodens* strain IS4.
- *Desulfopila* strain QLNR1.
- Strain IS6.
- *Desulfovibro* sp. strain IS7.
- *Desulfovibro ferrophilus* strain IS5.
- *Desulfovibro* sp. strain IS8.

Все вышеизложенные микроорганизмы разъедают железо в присутствии доноров электрона и сульфата [19].

Несколько исследователей также выделили сульфатредуцирующие бактерии (*Desulfovibrio* sp.) из микробных сообществ, содержащихся в микробных коррозиях в газо- и нефтетранспортных трубопроводах [20; 21; 22].

Однако аэробные бактерии и грибы также могут участвовать в процессе коррозии [23]. Эти микроорганизмы вызывают коррозию за счет изменения химического состава на границе раздела между металлом и жидкостью [24; 25].

Хоть большинство исследований по биокоррозии было сосредоточено на SRB, недавние исследования показывают, что в них также могут быть вовлечены другие типы бактерий, такие как: бактерии, окисляющие железо; бактерии, окисляющие марганец; бактерии, продуцирующие кислоту; и метаноген [26].

Микробиологическое загрязнение топлива также было причиной эксплуатационных проблем во всем мире, и с годами их частота и серьезность резко возрастали [27]. Микробная активность может привести к разложению ингибитора/топлива, что приводит к таким проблемам как: неприемлемый уровень мутности, закупорка фильтров, коррозия резервуаров для хранения и коррозия трубопроводов, к потере сохраняемых продуктов [28].

Ключевую роль в микробной коррозии нефтепроводов играют кислотообразующие бактерии (*K. oxytoca* ACP, *V. cereus* AN4, *P. stutzeri* AP2 и *S. marcescens* ACE2 [29]). Они способны образовывать нитраты и/или азотную кислоту, которые способствуют коррозии металла [30].

Для предотвращения и контроля микробной коррозии в трубопроводах необходимо проводить регулярное мониторинг состава микроорганизмов, использовать химические ингибиторы, контролировать параметры окружающей среды (температуру, pH, концентрацию солей) и применять антибактериальные покрытия для трубопроводов. Вот некоторые стратегии для снижения влияния микроорганизмов на коррозию трубопроводов:

**Биоциды:** Использование биоцидов для уничтожения микроорганизмов или снижения их активности может помочь предотвратить микробную коррозию. Биоциды должны быть выбраны с учетом специфических микроорганизмов, присутствующих в трубопроводе, и использоваться согласно рекомендациям производителя.

На рынке имеется ряд биоцидов, которые можно использовать для этих целей, и они подразделяются на две основные классификации. На неорганические, то есть окисляющие или органические, то есть неокисляющие.

Неорганические или окисляющие биоциды — это биоциды, которые убивают бактерии путем окисления белковых групп внутри клетки, вне клетки или в самой клеточной стенке или мембране, что приводит к потере нормальной активности ферментов, необходимых для дыхания и клеточного метаболизма, или разрушению самой клеточной мембраны. Примерами таких биоцидов являются — хлор, хлорноватистая кислота, бром, диоксид хлора, монохлорамины и надуксусная кислота.

Органические биоциды или неокисляющие биоциды — это специальные химические агенты, которые действуют по механизмам, отличным от окисления, вмешиваясь в клеточный метаболизм, структуру и трансляцию ДНК. Примерами таких биоцидов являются глутаровый альдегид, тетраakis-гидроксифосфоний сульфат (THPS), дазомет, 2,2-дибром-3-нитрилопропионамид (DBNPA), четвертичные аммониевые соединения и изотиазолины [32].

Для борьбы с микробиомом нефтяных месторождений, трубопроводы подвергают воздействию сильных химических веществ, которые широко используются в нефтегазовой промышленности.

Антикоррозионные покрытия: Использование защитных покрытий на основе эпоксидных смол, полиуретанов, антибактериальных добавок или других материалов может предотвратить коррозию, вызванную микроорганизмами, и увеличить срок службы трубопроводов.

Катодная защита: это метод, который использует внешний источник постоянного тока для управления электрохимическими процессами, происходящими на поверхности металла. Катодная защита может быть эффективна для предотвращения микробной коррозии, особенно при использовании в сочетании с другими методами.

Регулярная очистка и инспекция: Регулярная очистка трубопроводов от биопленок, осадков и загрязнений, а также инспекция на наличие повреждений и коррозии, может помочь своевременно выявлять и устранять проблемы, связанные с микробной коррозией.

Оптимизация эксплуатационных параметров: Контроль температуры, pH и содержания солей в рабочей среде трубопровода может помочь снизить активность микроорганизмов и замедлить коррозионные процессы.

Мониторинг и анализ микробиологических данных: Регулярное сбор и анализ образцов для определения видового состава микроорганизмов и их количественного распределения в трубопроводах помогут разработать индивидуальные стратегии борьбы с микробной коррозией, а также оценить эффективность применяемых мер предотвращения и контроля коррозии.

Исследование и разработка новых материалов: Проведение исследований и разработка новых коррозионностойких материалов, а также инновационных антикоррозионных технологий, помогут повысить устойчивость трубопроводов к микробной коррозии и увеличить их срок службы.

Внедрение системы менеджмента качества: Разработка и реализация системы менеджмента качества с учётом микробной коррозии поможет определить наиболее эффективные методы предотвращения и контроля коррозии, а также улучшит операционные процедуры и практики обслуживания трубопроводов.

Комбинирование этих стратегий и мер предотвращения микробной коррозии, а также регулярный мониторинг и анализ состояния трубопроводов, помогут снизить влияние микроорганизмов на коррозию трубопроводов и обеспечат более надёжную и долгосрочную эксплуатацию трубопроводных систем [31].

### **1.3 Биологические и технологические свойства нефтеокисляющих микроорганизмов**

Изучение нефтеокисляющих микроорганизмов, в основном, связано с периодическими экологическими катастрофами, вызванными крупными разливами нефти. Тот факт, что углеводороды сохраняются в течение долгих лет после крупных разливов нефти, указывает на то, что биологическое

разложение углеводов в большинстве природных сред происходит медленно. Для ученых со всего мира основными являются следующие вопросы [33]:

- каковы биохимические механизмы разложения углеводов?
- какие микроорганизмы задействованы в этом процессе?
- каковы их особые свойства?

Углеводороды — это широко распространенный класс природных соединений. Они не только обнаружены в районах, загрязненных нефтью. Химические анализы выявили присутствие значительных количеств алифатических и ароматических углеводов в большинстве почв и отложений [34; 35]. Наиболее вероятной причиной низких концентраций широко распространенных углеводов является продолжающийся биосинтез определенными растениями и микроорганизмами [36; 37; 38; 39; 40; 41; 42]. Углеводороды образуются путем восстановления жирного  $\text{Acyl-CoA}$  ферментами, которые утилизируют  $\text{NADH}$  или  $\text{NADPH}$ . Другими источниками углеводов являются естественные просачивания со дна океана и несгоревшее топливо из двигателей, работающих на мазуте [43].

Поскольку углеводороды являются природными продуктами, а также загрязняющими веществами, неудивительно, что бактерии, окисляющие углеводороды, широко распространены в природе. Однако соотношение бактерий, окисляющих углеводороды, к общей популяции гетеротрофных бактерий, а также разнообразие микроорганизмов, разлагающих углеводороды, обнаруженных в конкретной экосистеме, может изменяться в зависимости от времени отбора проб или степени загрязнения нефтью [44].

Способность усваивать нефтяные углеводороды является характерной чертой микроорганизмов, которые представлены различными системными группами. Это различные виды дрожжей, бактерий и микромицетов. Наиболее активными загрязнителями масла являются бактерии. Они характеризуются способностью поглощать широкий спектр углеводов, включая ароматические углеводороды, и обладают высокой скоростью роста, поэтому представляют большой практический интерес.

Микроорганизмы, которые используют углеводороды в качестве сырья, широко распространены в природе. Активные микроорганизмы, способные выделяться из водных и почвенных экосистем, особенно тех, которые загрязнены углеводородами или нефтью, а также из микробных сообществ и нефтяных резервуаров на нефтяных месторождениях. Было описано 22 вида бактерий и 31 вид микроскопических грибов, включая 19 видов дрожжей, которые были выделены из почвенных экосистем и обладают способностью биологического разложения различных нефтяных углеводов. Из морских местообитаний было выделено 25 видов бактерий и 27 видов микроскопических грибов, которые способны окислять углеводороды. Среди них можно назвать такие роды как *Achromobacter*, *Acinetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Desulfovibrio*, *Eneribacter*, *Escherichia*, *Flavobacterium*,

Methanobacterium, Micrococcus, Micromonospora, Mycobacterium, Nocardia, Rhodococcus, Pseudomonas, Sarcina, Serratia, Spirillum, Streptomyces, Thiobacillus, Vibrio; а также мицелиальные грибы родов Aspergillus, Cephalosporium, Penicillium, Mucor, Fusarium, Trichoderma; и дрожжи Candida, Debaryomyces, Endomyces, Endomycopsis, Hansenula, Rhodotorula, Saccharomyces, Torulopsis, Trichosporon. Кроме того, встречаются цианобактерии Agmenellum, Aphanocapsa, Lyngbya, Microcoleus, Oscillatoria, Phormidium, Plectonema [24].

Из таксономической точки зрения, микробиота природных источников окисленных углеводов представлена широким разнообразием. Наиболее активные штаммы бактерий относятся к родам Pseudomonas, Arthrobacter, Rhodococcus, Acinetobacter, Flavobacterium, Corynebacterium, Xanthomonas, Alcaligenes, Nocardia, Brevibacterium, Mycobacterium, Beijerinckia, Bacillus, Enterobacteriaceae, Klebsiella [25].

Локализации углеводородоокисляющих бактерий в природных средах уделяется значительное внимание из-за возможности использования их потенциала биоразложения при ликвидации разливов нефти. Из-за огромного количества сырой и рафинированной нефти, которая транспортируется на большие расстояния и потребляется в больших количествах, углеводороды в настоящее время стали очень важным классом потенциальных субстратов для микробного окисления.

Поэтому неудивительно, что микроорганизмы, окисляющие углеводороды, недавно были выделены в больших количествах числа из самых разнообразных природных водных и наземных сред [45].

Микробный метаболизм нефти в недрах, особенно там, где поверхностные воды переносят кислород и питательные вещества в нефтяные залежи, может снизить ценность сырой нефти, поскольку аэробные бактерии используют парафины в качестве источника углерода [46; 47].

Большинство бактерий, разлагающих углеводороды, продуцируют поверхностно-активные соединения для эмульгирования молекул углеводородов с образованием капель или мицелл, которые в итоге поглощаются микроорганизмами диффузией [48].

Бактерии, разлагающие нефть, имеют тенденцию прилипать к гидрофобным материалам. Таким образом, если бактерии не будут удалены из материала и диспергируется перед подсчетом, получится выделить только минимальное количество колоний.

Выбор источника углерода является еще более серьезной проблемой. Нефть — это сложная смесь углеводородов. Поскольку некоторые бактерии могут расти только на незначительных компонентах нефти, необходимо добавить большое количество нефти в питательную среду, чтобы обеспечить достаточное количество субстрата для успешного роста этих бактерий. Однако высокие концентрации нефти и смесей углеводородов использовать нельзя, поскольку они токсичны для бактерий [49].

Наиболее часто выделяемыми родами бактерий являются *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium*, *Corynebacterium*, *Alcanivorax* и *Arthrobacter*. Большинство исследований по разложению ароматических углеводов было проведено с использованием *Pseudomonas putida* и видов *Beijerinckia* и *Nocardia* [50; 51].

В экосистемах широко распространены микроорганизмы, окисляющие углеводороды, которые способны разлагать углеводороды, полученные из нефти. Однако из-за сложной природы нефти и ее производных как загрязняющих веществ оценка количества и активности этой группы микроорганизмов не всегда является легкой задачей [52].

Некоторые из этих бактерий, таких как *Dietzia*, *Pseudomonas*, *Mycobacterium*, *Marinobacter*, *Arthrobacter*, *Enterobacter*, *Streptobacillus*, *Rhodococcus*, *Kocuria*, *Streptococcus*, *Pandoraea*, *Burkholderia*, *Acinetobacter*, *Alkanindiges*, *Achromobacter*, *Alteromonas*, *Staphylococcus*. Было установлено, что они играют жизненно важную роль в разложении нефтяных углеводов [53].

Многие нормальные и экстремальные виды бактерий были выделены и использованы в качестве биоразлагателей для борьбы с нефтяными углеводородами. Пути разложения различных нефтяных углеводов (например, алифатики и полиароматических соединений) используют окислительные реакции; однако эти пути сильно различаются из-за специфических оксигеназ, обнаруженных у разных видов бактерий. Например, некоторые бактерии могут метаболизировать определенные алканы, в то время как другие расщепляют ароматические или смоляные фракции углеводов. Это явление связано с химической структурой компонентов нефтяных углеводов. Недавние исследования выявили бактерии из более чем 79 родов, способные разлагать нефтяные углеводороды [54].

Микробное биodeградирование углеводов происходит посредством комплекса метаболических реакций, катализируемых различными ферментами [55; 56], включая дегидрогеназы [57], цитохром P450, пероксидазы, лакказы [58] и оксигеназы [59]. Катаболизм этих органических компонентов может происходить как в аэробных, так и в анаэробных условиях [60], хотя процессы анаэробной деградации (гены и ферменты) нуждаются в дополнительной информации для полного понимания [61].

Аэробные бактерии могут использовать ферменты монооксигеназу и диоксигеназу для присоединения одного или двух атомов кислорода к углеводородам соответственно [62]. Аэробное разложение алканов может быть достигнуто многими микроорганизмами, включая бактерии, нитевидные грибы и дрожжи [63]. По этому механизму микроорганизмы продуцируют алкангидроксилазы/алканмонооксигеназы, которые участвуют в первой стадии окисления алканов [64]. Монооксигеназы классифицируются

в соответствии с их системой переноса электронов и молекулярной структурой

Разложение алканов обычно начинается с окисления концевой метильной группы, превращающей углеводород в молекулу спирта, которая далее окисляется до жирной кислоты, которая может вступить в путь  $\beta$ -окисления [65].

Анаэробный катаболизм углеводов имеет иной подход по сравнению с аэробным катаболизмом, который в основном основан на реакциях восстановления [66] и использовании различных акцепторов электронов, включая марганец [Mn(IV)], нитрат ( $\text{NO}_3^-$ ), сульфат ( $\text{SO}_4^{2-}$ ), трехвалентное железо [Fe(III)] и двуокись углерода ( $\text{CO}_2$ ). По-видимому, в анаэробном разложении гидроуглерода задействованы различные механизмы, включая добавление фумарата, карбоксилирование, гидрокселирование [67], метилирование [68] и обратный метаногенез [69]. Эти реакционные активации приводят к образованию метаболитов, которые в итоге включаются в биомассу или полностью окисляются [70].

Нефтяная микробиология начиналась как прикладной предмет, и прикладные аспекты продолжают служить основным стимулом для исследований в этой области. Текущими областями прикладного интереса являются:

- микробиологическая порча нефтепродуктов
- обработка разливов нефти и утилизация нефтяных отходов
- повышенная нефтеотдача
- производство поверхностно-активных веществ
- углеводороды, как субстраты в процессах промышленной

ферментации

Биоповреждение нефтепродуктов, таких как топливо, смазочные масла и масляные эмульсии, имеет очевидные экономические последствия.

Микробиологическая порча нефтепродуктов происходит только тогда, когда нефтепродукты вступают в контакт с водой [71].

## 2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

### 2.1 Материалы

#### 2.1.1 Объект исследования

В работе были использованы пробы металлических труб взятые в (локация). Исследуемые пробы растворили в проточной воде.

#### 2.1.2 Оборудование

Автоклав – представляет собой герметичный аппарат, который нагревает емкости, помещенные внутрь под высоким давлением, вследствие чего температура в автоклаве нагревается до 120°C. Таким образом, в течение 180 минут удалось стерилизовать емкость с питательной средой и удалить все бактерии и микроорганизмы. Для этой цели использовался автоклав модели ВК-75-01(Рис. 2.1) с характеристиками приведенные в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Характеристики автоклава

Параметр	Значение
Объем камеры, л	75
Для этой цели использовался автоклав модели ВК-75-01.	400 x 600
Мощность, кВт	8
Напряжение, В	220

Стерилизованную питательную среду разлили в пластиковые, одноразовые чашки Петри диаметром 90мм в которую ввели пробы объемом 100мкл. Всего использовалось 4 чашки для двух проб по 2 повторности.

Термостат суховоздушный создает и поддерживает постоянную температуру внутри рабочей камеры, которая необходима для проведения бактериологических исследований. Для этой цели был использован термостат модели ТС-1/80 СПУ с характеристиками представленные в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристики термостата

Параметры	Значение
Объем рабочей камеры	80 литров
Частота	50±1 Гц
Напряжение	220 В ±10%
Точность поддержания температуры в опорной точке камеры термостата в рабочем режиме	±0,4 °С
Предельное отклонение температуры по объему камеры	±1 °С
Дискретность	0,1 С

## Продолжение таблицы 2.2

Диапазон регулируемых температур	температура окр. среды 60 °С
Максимальная мощность, не более	250 Вт
Размеры рабочей камеры — ширина — высота — глубина	393 мм 490 мм 396 мм
Габаритные размеры — ширина — высота — глубина	518 мм 721 мм 525 мм
Масса	45 кг
Температура окружающей среды при эксплуатации	10...35 °С

Для обеспечения стерильности проведенных исследований все действия выполнялись в ламинарном шкафу модели ВО-120-PP TopAir Clean air solution имеющий 2 класс биозащиты Шкаф биологической безопасности TopAir класса II A2 защищает персонал лаборатории, окружающую среду и чувствительные рабочие процессы, в которых применяются биологические агенты.

Шкаф предоставляет высокий уровень защиты от загрязнений благодаря использованию двух улучшенных фильтров ULPA.

Изготовленный из прочного и легко моющегося антикоррозионного полипропилена, шкаф обладает высокой стойкостью к кислотам и химическим веществам, что особенно важно для помещений с высокими требованиями к чистоте.

Для удобного управления и обеспечения безопасности оператора, шкаф оснащен умной, безопасной и элегантной системой управления, которая включает сенсорный экран. Эта система предоставляет оператору информацию о периодическом обслуживании и замене компонентов, обеспечивая надежную работу и безопасность.

Модель ВО-120-PP сертифицирована по стандарту EN 12469. Стерильность ламинарного бокса обеспечивает постоянный поток отфильтрованного воздуха образуя воздушный барьер. Характеристики ламинарного шкафа представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Характеристики ламинарного шкафа

Параметры	Значение
Внешние размеры (мм) — ширина — высота — глубина	1220 1500 800
Рабочее пространство (мм) — ширина — высота — глубина	1135 640 600

Открытие передней створки (мм)	480
Скорость нисходящего потока (м/с)	0,33
Скорость притока (м/с)	0,5
Схема воздушного потока	70% циркуляции, 30% выхлопа
Уровень чистоты	Класс 100/ISO 5
Шум (протестировано на высоте 20 см от рабочего стола, 1,2 м над землей, дБ)	<62
Электропитание	115/230 В, 50/60 Гц, однофазный
Освещение	800 LUX, экологически чистое светодиодное освещение

Аналитические весы. Это высокоточный прибор, используемый в лаборатории, способный измерять массу в пределах десятых и сотых долей миллиграмма. В данной работе применялись аналитические весы модели Ohaus Pioneer (PA4102). Технические характеристики приведены в Таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Характеристики термостата

Параметры	Значение
Наибольший предел взвешивания, г	4100
Дискретность, г	0,01
Линейность в эксплуатации, г	±0,1...0,3
Диаметры весовой чашки, мм	∅180

### 2.1.3 Посуда

В работе были использованы следующая посуда: одноразовые пластиковые чашки петри (4шт), стеклянная колба Эрленмейера, мерный стакан (50мл), стеклянный шпатель.

### 2.1.4 Подготовка материалов

В качестве среды для посева и дальнейшего роста микроорганизмов использовалась питательная среда с нутриентом-Агар, производством ТМ Media, соответствующим стандартам ISO 9001–2015 и ISO 11133–2014.

## 2.2 Методики исследования

### 2.2.1 Подготовка исследуемых объектов и посуды

Подготовка объекта исследования и используемой посуды производилась по стандарту указанного в 6 главе стандарта ISO 7218–2015 под названием «Подготовка стеклянной посуды и других лабораторных материалов».

### **2.2.2 Посев**

Все действия производились в стерильных условиях по стандарту описанный в разделе 10.2.4.2 «Метод посева с помощью шпателя» стандарта ISO 7218–2015. В частности, питательную среду Агар разлили в чашки петри, далее в первую и во вторую чашку Петри дозатором ввели образец 1 (толстая стенка) объемом 100мкл на каждую чашку. В третью и в четвертую чашку ввели образец 2 (тонкая стенка) объемом 100мкл на каждую чашку. Введенные образцы распределил по всей поверхности чашки стерильным шпателем от центра к краям чашки.

### **2.2.2 Культивирование**

После посева образца в питательной среде чашки перевернули и поместили в термостат для дальнейшего роста и развития колоний микроорганизмов.

## 3 РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 3.1 Изучение полученных колоний

В работе были изучены культуральные свойства колоний, выросшие на твердой питательной среде NA в 4 чашках согласно стандарту ГОСТ Р ISO 7218–2015.

Первая проба была взята с поверхности тонкой трубы (т. е. промышленные трубопроводы, транспортирующие нефть из недр в резервуары и в нефтеперерабатывающие оборудования). Вторая проба взята с поверхности трубы с толстой стенкой (т. е. магистральные, транспортирующие нефть на большие расстояния).

Исследование каждой пробы проводилось с двумя повторностями. В среднем, в каждой чашке была обнаружена 41 колония.

В частности:

В образце тонкой трубы первой повторности [1(1)] – 38 колоний (рис. 3.1., а);

В образце тонкой трубы пробе второй повторности [1(2)] – 40 колоний (рис. 3.1., б);

В образце толстой трубы пробе первой повторности [2(1)] – 44 колоний (рис. 3.1., в);

В образце толстой трубы пробе второй повторности [2(2)] – 40 колоний (рис. 3.1., г);

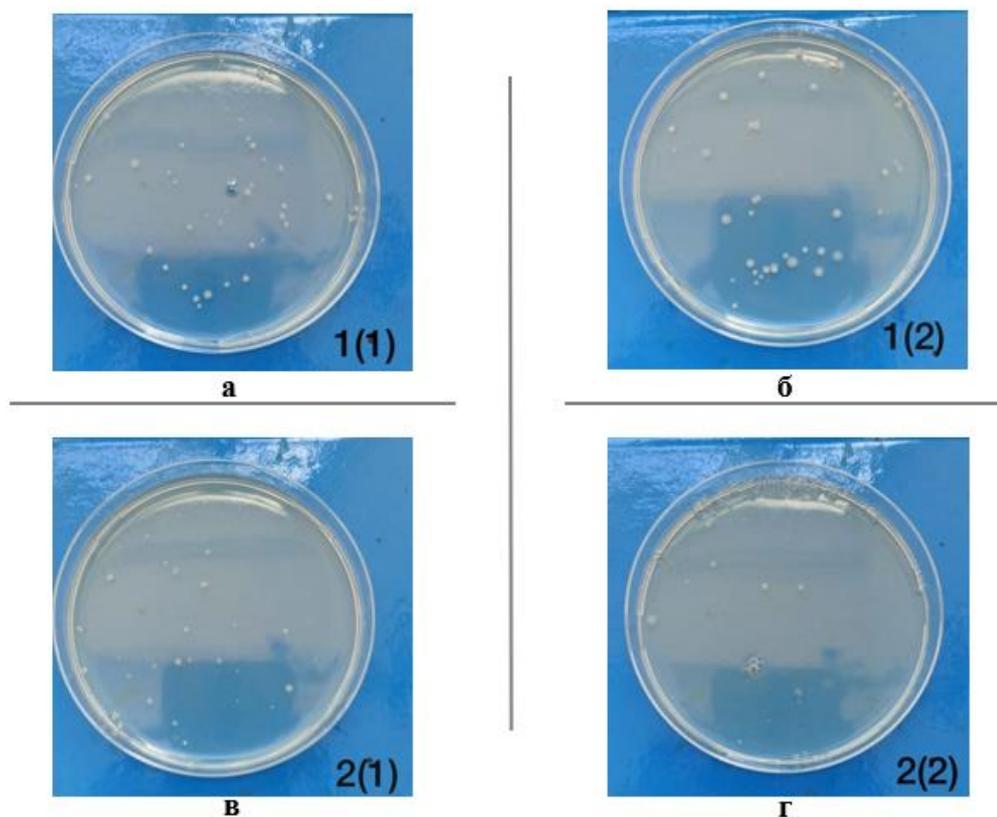


Рисунок 3.1 – Выросшие колонии на твердой питательной среде NA

### 3.2 Расчет количественного состава микроорганизмов [ГОСТ Р ИСО 7218–2015]

Расчет количественного состава микроорганизмов согласно стандарту ISO 7218–2015 производят по формуле (1)

$$N = \frac{\sum c}{v \cdot 1,1 \cdot d}, \quad (1)$$

где  $\sum c$  — сумма колоний;  
 $v$  — объем инокулята, использованного в каждой чашке, см<sup>3</sup>;  
 $d$  — коэффициент разбавления, соответствующий первому отобранному разведению.

Применяемые значения:

C [1(1)] – 38 колоний;

C [1(2)] – 40 колоний;

C [2(1)] – 44 колоний;

C [2(2)] – 40 колоний;

$$\sum c_1 = 38 + 40 = 78 \text{ колоний} \quad (2)$$

$$\sum c_2 = 44 + 40 = 84 \text{ колоний} \quad (3)$$

Объем инокулята, использованного в каждой чашке ( $v$ ) равна 0.1 см<sup>3</sup>;  
Коэффициент разбавления, соответствующий первому отобранному разведению ( $d$ ) равна  $1 \cdot 10^{-2}$ .

Расчет:

Для получения количества микроорганизмов на кубический сантиметр или на грамм пробы, вставляем все значения в формулу (1), получаем

$$N_1 = \frac{38+40}{0,1 \cdot 1,1 \cdot 10^{-2}} = 7 \cdot 10^4 \quad (4)$$

$$N_2 = \frac{38+40}{0,1 \cdot 1,1 \cdot 10^{-2}} = 7,6 \cdot 10^4 \quad (5)$$

### 3.3 Культуральные свойства микроорганизмов, выращенные на твердой питательной среде

Для изучения культуральных свойств микроорганизмов, колонии разделили на 3 основные группы:

- крупные колонии (28 колоний);
- средние колонии (53 колоний);
- мелкие колонии (81 колоний);

Изучение культуральных свойств микроорганизмов показало (таблица 3.3), что:

- мелкие колонии имели круглую, концентрическую форму, тогда как средние и крупные колонии - круглые;

- прозрачность мелких и больших колоний, были мутные, тогда как из средние колонии – мутные;
- контур края мелких и средних колоний, были гладкие, тогда как крупные колонии – волнистые;
- профиль мелких и крупных колоний, были плоские, тогда средние колоний – выпуклые;
- поверхность всех колоний гладкие;
- по цвету мелкие и крупные колонии, были белые, тогда как средних колоний – желтоватые;
- по структуре мелкие и средние колонии, были однородные, тогда как крупные колонии – крупнозернистые.

### **3.3. Рассуждение о результатах исследования**

Из отобранных проб были выращены колонии микроорганизмов. Опираясь на литературный обзор [9], можем предположить, что в нашей работе удалось выделить колонии аэробных бактерий, сульфатвосстанавливающих бактерий, тионовых бактерий и мицелиальные (плесневые) грибы так как наши образцы были подвержены контакту с водой и выращивались на благоприятной для роста среде и более не были подвержены контакту «из вне».

Таблица 3.3 – Культуральные свойства выращенных на твердой питательной среде колоний микроорганизмов

Наименование среды	Характеристика		
Твердая питательная среда	NA	NA	NA
Количество колоний из 162	81	53	28
Форма колонии	Круглая, концентрическая	Круглая	Круглая
Размер колонии	Мелкие	Средние	Крупные
Прозрачность	Мутные	Прозрачные	Мутные
Контур края	Гладкие	Гладкие	Шероховатые
Профиль колонии	Плоские	Выпуклые	Плоские
Поверхность	Гладкие	Гладкие	Гладкие
Цвет	Белые	Желтоватые	Белые
Структура	Однородные	Однородные	Крупнозернистые

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

*Краткие выводы по результатам дипломного исследования:* в результатах исследования был культивирован и рассчитан количественный состав микроорганизмов, выделенных из образцов труб, взятых в (локация). Согласно литературному обзору, это могут быть колонии аэробных бактерий, сульфатвосстанавливающих бактерий, тионовых бактерий и мицелиальные (плесневые) грибы. Именно эти микроорганизмы способны вызывать биокоррозию нефтетрубопроводов.

*Полнота решения поставленных задач:* цели и задачи были выполнены. Изучены методы предельного разведения, посева, культивирования и количественного учета колоний микроорганизмов, выросших на твердых питательных средах.

Выводы:

1 Изучены, на основе теоретических исследований, особенности обитания микроорганизмов в нефтетрубопроводах.

2 Изучены, на основе лабораторных исследований, микроорганизмы, обитающие в нефтетрубопроводах.

3 Изучены культуральные свойства микроорганизмов, выращенные на твердой питательной среде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Mashkura Mavloniy, Suvonkul Nurmanov Institute of Microbiology (2020), *BIOCORROSION OF OILFIELD PIPELINES AND ITS PATHOGENS*, Tashkent, Uzbekistan, The National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek.
- 2 Промышленность Республики Казахстан за 1990-1997 гг. Статистический справочник/Национальное статистическое агентство Республики Казахстан/Под ред. Ж.А.Кулекеева/Алматы, 1998- 168 с.
- 3 Шаймарданов Ж.Н. Агентство по стратегическому планированию и реформам Республики Казахстан. Бюро национальной статистики. Промышленность Республики Казахстан / Статистический сборник / на казахском и русском языках / 200 стр., Астана 2022.
- 4 U.S. Privacy Shield Frameworks. Kazakhstan - Oil and Gas.
- 5 Ahmad, Z. (2006) *Principles of corrosion engineering and corrosion control*. Burlington, MA: Elsevier.
- 6 Muthukumar N, Rajasekar A, Ponmariappan S, Mohanan S, Maruthamuthu S, Muralidharan S, Subramanian P, Palaniswamy N, Raghavan M. Microbiologically influenced corrosion in petroleum product pipelines--a review. *Indian J Exp Biol*. 2003 Sep;41(9):1012-22. PMID: 15242294.
- 7 Kennedy J L (1993), *Oil and Gas Pipeline Fundamentals*, Tulsa, Oklahoma, PennWell Publishing Company.
- 8 Singer, M.E., 1985. Microbial biosurfactants. In: J.E. Zajic and E.C. Donaldson (Editors), *Microbes and Oil Recouery*. Bioresources Publications, El Paso, Texas, pp. 19-38.
- 9 Moore, J.J., Baker, C.K., Oxidation of Iron Sulfides Produced in Gas Pipelines; Sulfate Reducing Bacteria in Natural Gas Wells, project memorandum for this MRC research, Southwest Research Institute, December 3, 1997.
- 10 Becker, J. R. 1997. *Crude oil waxes, emulsions, and asphaltenes*. PennWell, Tulsa, Okla
- 11 Larson, K., B. Raghuraman, and J. Wiencek. 1994. Electrical and chemical deemulsification techniques for microemulsion liquid membranes
- 12 J. Memb, Manning, F. C., and R. E. Thompson. 1995. *Oilfield processing, vol. 2: crude oil*. PennWell, Tulsa, Okla.
- 13 Benka-Coker MO, Metseagharun W, Ekundayo JA (1995) Abundance of sulphate-reducing bacteria in Niger Delta oilfield waters. *Biores Tech* 54:151–154
- 14 Graves JW, Sullivan EH (1996) Internal corrosion in gas gatheringsystem and transmission lines. *Mater Prot* 5:33–37
- 15 Muthukumar N, Mohanan S, Maruthamuthu S, Subramanian P, Palaniswamy N, Raghavan M (2003b) Role of *Brucella* sp. and *Gallionella* sp. in oil degradation and corrosion. *Electrochem Comm* 5:422–427
- 16 Jana J, Jain AK, Sahota SK, Dhawan HC (1999) Failure analysis of oil pipelines. *Bull Electrochem* 15:262–265

- 17 Von Wolzogen Kuhr CAH, Vander Klugt Walker IS (1934) The graphitization of cast iron as an electrochemical process in anaerobic solid. *Water* 18:147–165
- 18 Gates, G.P.L. and Parent, C.F., 1976. Water quality control presents challenge in giant Wilmington Field. *Oil Gas J.*, 74(33): 115–126.
- 19 Enning, D., & Garrelfs, J. (2013). Corrosion of Iron by Sulfate-Reducing Bacteria: New Views of an Old Problem. *Applied and Environmental Microbiology*, 80(4), 1226–1236. doi:10.1128/aem.02848-13
- 20 Miranda-Tello E, Bethencourt M, Botana FJ, Cano MJ, Sánchez Amaya JM, Corzo A, García de Lomas J, Fardeau ML, Ollivier B (2006) Biocorrosion of carbon steel alloys by an hydrogenotrophic sulfate-reducing bacterium *Desulfovibrio capillatus* isolated from a Mexican oil field separator. *Corr Sci* 48:2417–2431
- 21 Jan-Roblero J, Romero JM, Amaya M, Le Borgne S (2004) Phylogenetic characterization of a corrosive consortium isolated from a sour gas pipeline. *Appl Microbiol Biotechnol* 64:862–867
- 22 Mora-Mentdoze JL, Pandilla-Viveros AA, Zavala-Olivares G, Gonzalez-Nuriez MA, Moreno-Serrano JL, Hernandez-Gayosso MJ, Garcia-Esquivel, Rand Galindez (2003) Corrosion NACE Paper No 03548
- 23 Zhu XY, Lubeck J, Kilbane JJ (2003) Characterization of microbial communities in gas industry pipelines. *Appl Environ Microbiol* 69:354–5363
- 24 Bond DR, Holmes DE, Tender LM, Lovley DR (2002) Electrode reducing microorganisms that harvest energy from marine sediments. *Science* 18:483–485
- 25 Little B, Ray R (2002) A perspective on corrosion inhibition by biofilms. *Corrosion* 58:424–428
- 26 Maruthamuthu S, Mohanan S, Rajasekar A, Muthukumar N, Ponmarippan S, Subramanian P, Palaniswamy N (2005) Role of corrosion inhibitors on bacterial corrosion in petroleum product pipeline. *Indian J Chem Technol* 12:567–575
- 27 Hamilton WA (1985) Sulphate-reducing bacteria and anaerobic corrosion. *Annu Rev Microbiol* 39:195–217
- 28 Delille D (2000) Response of Antarctic soil bacterial assemblages to contamination by diesel fuel and crude oil. *Microb Ecol* 40:159–168
- 29 Rajasekar, A., Anandkumar, B., Maruthamuthu, S., Ting, Y.-P., & Rahman, P. K. S. M. (2009). Characterization of corrosive bacterial consortia isolated from petroleum-product-transporting pipelines. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 1175–1188. doi:10.1007/s00253-009-2289-9
- 30 Zhu XY, Lubeck J, Kilbane JJ (2003) Characterization of microbial communities in gas industry pipelines. *Appl Environ Microbiol* 69:354–5363
- 31 Mand, J., & Enning, D. (2020). Oil field microorganisms cause highly localized corrosion on chemically inhibited carbon steel. *Microbial Biotechnology*, 14(1), 171–185. doi:10.1111/1751-7915.13644

- 32 Campbell, C. (2017). Advances in testing and monitoring of biocides in oil and gas. *Trends in Oil and Gas Corrosion Research and Technologies*, 489–511. doi:10.1016/b978-0-08-101105-8.00021-8
- 33 Rosenberg, E. (2013). Hydrocarbon-Oxidizing Bacteria. *The Prokaryotes*, 201–214. doi:10.1007/978-3-642-30141-4\_66
- 34 Giger W, Blumer M (1974) Polycyclic aromatic hydrocarbons in the environment: isolation and characterization by chromatography, visible, ultraviolet and mass spectrometry. *Anal Chem* 46:1663–1671
- 35 Stevenson JJ (1966) Lipids in soil. *J Am Oil Chem Soc* 43:203–210
- 36 Fehler SWG, Light RJ (1970) Biosynthesis of hydrocarbons in *Anabaena variabilis*. Incorporation of (methyl-14C)-and (methyl2H3)-methionine into 7-and 8-methyl-heptadecanes. *Biochemistry* 9:418–422
- 37 Hardwood JL, Russel NJ (1984) Lipids in plants and microbes. George Allen & Unwin, London, pp 110–111;
- 38 Hunt JM, Miller RJ, Whelan JL (1980) Formation of C<sub>6</sub>, -C<sub>7</sub> hydrocarbons from bacterial degradation of naturally occurring terpenoids. *Nature (London)* 288:577–578, 1980
- 39 Juttner F (1976) Beta-Cyclocitral and alkanes in microcystis (Cyanophyceae). *Zeitschrift fur Naturforschung* 31c:491–495
- 40 Kolattukudy PE, Buckner JS, Brown L (1972) Direct evidence for a decarboxylation mechanism in the biosynthesis of alkanes in *B. oleracea*. *Biochem Biophys Res Commun* 47:1306–1313, 1972
- 41 Mikkelsen JD, von Wettstein-Knowles P (1978) Biosynthesis of beta-diketones and hydrocarbons in barley spike epicuticular wax. *Arch Biochem Biophys* 188:172–181
- 42 Winters L, Parker PL, Van Baalen C (1969) Hydrocarbons of the blue-green algae: geochemical significance. *Science* 163:467–468
- 43 Floodgate GD (1984) The fate of petroleum in marine ecosystems. In: Atlas RM (ed) *Petroleum microbiology*. Macmillan, New York, pp 355–398
- 44 Geiselbrecht AD, Herwig RP, Deming JW, Staley JT (1996) Enumeration and phylogenetic analysis of polycyclic aromatic hydrocarbon-degrading marine bacteria from Puget Sound sediments. *Appl Environ Microbiol* 62:3344–3349
- 45 Rosenberg, E. (2013). Hydrocarbon-Oxidizing Bacteria. *The Prokaryotes*, 201–214. doi:10.1007/978-3-642-30141-4\_66
- 46 Crawford, P.B., 1983. Possible reservoir damage from MEOR. In: E.C. Donaldson
- 47 J.B. Clark (Editors), *Proceedings, 1982 International Conference on Microbial Enhancement of Oil Recovery*, Afton, Okla., May 16-21. NTIS, Springfield, Va., pp. 76–79.
- 48 Bustamante, M., Durán, N., & Diez, M. (2012). Biosurfactants are useful tools for the bioremediation of contaminated soil: a review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4), 667–687

- 49 Vestal R, Cooney JJ, Crow S, Berger J (1984) The effects of hydrocarbons on aquatic microorganisms. In: Atlas RM (ed) Petroleum microbiology. Macmillan, New York, pp 475–506
- 50 Gibson DT (1971) Microbial degradation of hydrocarbons. In: Goldberg ED (ed) Physical and chemical sciences research report I. Dahlem workshop report on the nature of sea water, pp 667–696
- 51 Westlake DWS, Jobson A, Philippe R, Cooke FD (1974) Biodegradability and crude oil composition. *Can J Microbiol* 20:915–928
- 52 Atlas, R.M., 1981. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons: an environmental perspective. *Microbiol. Rev.* 45 (1), 180–209
- 53 Margesin et al., 2003; Chaerun et al., 2004; Jin et al., 2012; Nie et al., 2014; «Варджани и Упасани», 2016; Sarkar et al., 2017; «Варджани», 2017; Xu et al., 2017
- 54 Tremblay, J., Yergeau, E., Fortin, N., Cobanli, S., Elias, M., King, T.L., Lee, K., Greer, C. W., 2017. Chemical dispersants enhance the activity of oil- and gas condensate-degrading marine bacteria. *ISME J.* <https://doi.org/10.1038/ismej.2017.129>.
- 55 Abbasian, F., Lockington, R., Mallavarapu, M., Naidu, R., 2015. A comprehensive review of aliphatic hydrocarbon biodegradation by bacteria. *Appl. Biochem. Biotechnol.* <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1603-5>.
- 56 Varjani, S.J., 2017. Microbial degradation of petroleum hydrocarbons. *Bioresour. Technol.* <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.10.037>.
- 57 Varjani, S.J., Upasani, V.N., 2017. A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.02.006>.
- 58 Kadri, T., Rouissi, T., Kaur Brar, S., Cledon, M., Sarma, S., Verma, M., 2017. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) by fungal enzymes: a review. *J. Environ. Sci. (China)*. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.08.023>.
- 59 Fuchs, G., Boll, M., Heider, J., 2011. Microbial degradation of aromatic compounds — from one strategy to four. *Nat. Rev. Microbiol.* 9, 803–816. <https://doi.org/10.1038/nrmicro2652>.
- 60 Ghosal, D., Ghosh, S., Dutta, T.K., Ahn, Y., 2016. Current state of knowledge in microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review. *Front. Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01369>
- 61 Varjani, S.J., Upasani, V.N., 2017. A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.02.006>
- 62 Abbasian, F., Lockington, R., Mallavarapu, M., Naidu, R., 2015. A comprehensive review of aliphatic hydrocarbon biodegradation by bacteria. *Appl. Biochem. Biotechnol.* <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1603-5>
- 63 Wang, W., Shao, Z., 2013. Enzymes and genes involved in aerobic alkane degradation. *Front. Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2013.00116>.

64 Wentzel, A., Ellingsen, T.E., Kotlar, H.K., Zotchev, S.B., Throne-Holst, M., 2007. Bacterial metabolism of long-chain n-alkanes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* <https://doi.org/10.1007/s00253-007-1119-1>

65 Park, C., Park, W., 2018. Survival and energy producing strategies of alkane degraders under extreme conditions and their biotechnological potential. *Front. Microbiol.*

66 Ghosal, D., Ghosh, S., Dutta, T.K., Ahn, Y., 2016. Current state of knowledge in microbial degradation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs): a review. *Front. Microbiol.* <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01369>.

67 Callaghan, A.V., 2013. Metabolomic investigations of anaerobic hydrocarbon-impacted environments. *Curr. Opin. Biotechnol.* <https://doi.org/10.1016/j.cobpa.2013.09.001>.

68 Nzila, A., 2018. Biodegradation of high-molecular-weight polycyclic aromatic hydrocarbons under anaerobic conditions: overview of studies, proposed pathways and future perspectives. *Environ. Pollut.* <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.04.074>.

69 Heider, J., 2007. Adding handles to unhandy substrates: anaerobic hydrocarbon activation mechanisms. *Curr. Opin. Chem. Biol.* <https://doi.org/10.1016/j.cobpa.2007.02.027>.

70 Varjani, S.J., Upasani, V.N., 2017. A new look on factors affecting microbial degradation of petroleum hydrocarbon pollutants. *Int. Biodeterior. Biodegrad.* <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2017.02.006>.

71 Genner C, Hill EC (1981) Fuels and oils. In: Rose AH (ed) *Microbial biodeterioration*. Academic, London, pp 260–306

72 Yenikeyeff, Shamil (November 2008). "Kazakhstan's Gas: Export Markets and Export Routes". Oxford Institute for Energy Studies. Retrieved 17 November 2011.

73 Esty, Benjamin C., and Florian Bitsch. "The Kashagan Production Sharing Agreement (PSA)." Harvard Business School Case 213–082, May 2013. (Revised September 2013.)

74 Crooks, Ed; Chazan, Guy (26 November 2012). "Conoco sells stake in Kashagan field". *Financial Times*. Retrieved 8 December 2012. Demytrie, Rayhan (7 December 2012). "Development challenge of Kazakhstan's giant oilfield". *BBC News*. Retrieved 8 December 2012.

75 "Caspian oil exports heading east". *Asia Times*. 9 February 2005. Archived from the original on 27 September 2011. Retrieved 20 May 2007.

76 Hargreaves, Steve (27 August 2012). "10 most expensive energy projects in the world". *CNNMoney*. Retrieved 1 April 2014.

77 "About TCO". *Tengizchevroil.com*. Archived from the original on 2015-11-17. Retrieved 2015-06-01.

78 Christopher Pala (2001-10-23). "Kazakhstan Field's Riches Come With a Price". Vol. 82, no. 715. *The St. Petersburg Times*. Archived from the original on 2013-12-28. Retrieved 2009-10-12.

79 Kramer, Andrew E. (22 July 2010). "In Asia, a Gulf's Worth of Oil Awaits Transport". The New York Times. Archived from the original on 2015-06-10.

### РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломную работу  
(наименование вида работы)

Серік Әлибек Жомартұлы  
(Ф.И.О. обучающегося)

«6В05101 –Биохимическая и химическая инженерия»  
(шифр и наименование ОП)

На тему: «Особенности колонизации нефтетрубопроводов микроорганизмами».

Выполнено:

- а) графическая часть: 2 рисунка, 6 таблиц
- б) пояснительная записка на 30 страницах

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Целью работы является изучение особенностей колонизации нефтетрубопроводов микроорганизмами.

Задачи:

- 1 Изучить, на основе теоретических исследований, особенности обитания микроорганизмов в нефтетрубопроводах.
- 2 Изучить, на основе лабораторных исследований, микроорганизмы, обитающие в нефтетрубопроводах.
- 3 Изучить культуральные свойства микроорганизмов, выделенные из нефтетрубопроводов и выращенные на твердой питательной среде.

Проведены весомые научные исследования, по результатам которых оформлена глава «Обзор литературы». Источники, использованные в ходе сбора информации, соответствовали требованиям и были связаны с темой. Второй раздел характеризовался описанием объектов и методов выполненной работы. Третий раздел включал в себя описание полученных результатов. Объяснение полученным результатам дано ясно. Анализ результатов через таблицы и фотографии отразило способность четко проводить соискателем анализ итоговых результатов. Цель и задачи соискателем выполнены в полном объеме.

Объем и содержание дипломной работы Серік Әлибека выполнены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к дипломной работе и позволяющими получить степень бакалавра техники и технологий по ОП «6В05101 – Биохимическая и химическая инженерия». Работа выстроена логически грамотно, с использованием научного стиля и с соблюдением требований к оформлению.

### Оценка работы

В результате хорошо выполненной работы Серік Әлибек считается достойным получения звания бакалавра техники и технологий по ОП «6В05101 –Биохимическая и химическая инженерия», работу оцениваю на «отлично-95%».

**Рецензент**

Рецензент, к.т.н. и.о. доцента кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию  
КазНУ им. Абыл-Фараби

Курбанова Л. С.

« 02 » 2023

Ф КазНУТУ 706-17. Рецензия

**ОТЗЫВ**

**НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ**

НА ДИПЛОМНУЮ РАБОТУ

СЕРІК ӘЛИБЕК ЖОМАРТҰЛЫ

Специальность: 6В05101 –Биохимическая и химическая инженерия

Тема: Особенности колонизации нефтетрубопроводов микроорганизмами

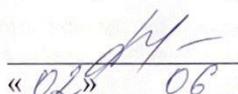
Тема данной дипломной работы весьма актуальна, потому что коррозия трубопроводов и нефтехранилищ наносит ущерб нефтегазовой промышленности. Потери от микробиологической коррозии оцениваются в тысячи тонн металла ежегодно. Наиболее острой, глобальной проблемой нефтяной микробиологии на современном этапе является создание способов эффективной защиты нефтепромысловых трубопроводов от биокоррозии.

В первой главе данной дипломной работы освещается полный литературный обзор по биокоррозии нефтетрубопроводов микроорганизмами. Во второй главе раскрыта характеристика объектов и материалов исследования. В третьей главе приводятся результаты исследований. В работе автор показывает себя грамотным, компетентным специалистом. Существенных замечаний к работе нет.

Дипломная работа по содержанию и объему соответствует требованиям, предъявляемым к дипломным работам по уровню обучения «бакалавриат». В целом, дипломная работа, безусловно, имеет практический интерес и может быть представлена к защите с оценкой «отлично-95%».

**Научный руководитель:**

к. с/х н., доцент,  
ассоцированный профессор

 Джамалова Г. А.  
« 02 » 06 2023

### РЕЦЕНЗИЯ

на Дипломную работу  
(наименование вида работы)

Серік Әлибек Жомартұлы  
(Ф.И.О. обучающегося)

«6B05101 –Биохимическая и химическая инженерия»  
(шифр и наименование ОП)

На тему: «Особенности колонизации нефтепроводов микроорганизмами».

Выполнено:

- а) графическая часть: 2 рисунка, 6 таблиц
- б) пояснительная записка на 30 страницах

### ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Целью работы является изучение особенностей колонизации нефтепроводов микроорганизмами.

Задачи:

- 1 Изучить, на основе теоретических исследований, особенности обитания микроорганизмов в нефтепроводах.
- 2 Изучить, на основе лабораторных исследований, микроорганизмы, обитающие в нефтепроводах.
- 3 Изучить культуральные свойства микроорганизмов, выделенные из нефтепроводов и выращенные на твердой питательной среде.

Проведены весомые научные исследования, по результатам которых оформлена глава «Обзор литературы». Источники, использованные в ходе сбора информации, соответствовали требованиям и были связаны с темой. Второй раздел характеризовался описанием объектов и методов выполненной работы. Третий раздел включал в себя описание полученных результатов. Объяснение полученным результатам дано ясно. Анализ результатов через таблицы и фотографии отразило способность четко проводить анализ итоговых результатов. Цель и задачи соискателем выполнены в полном объеме.

Объем и содержание дипломной работы Серік Әлибека выполнены в соответствии с требованиями, предъявляемыми к дипломной работе и позволяющими получить степень бакалавра техники и технологий по ОП «6B05101 – Биохимическая и химическая инженерия». Работа выстроена логически грамотно, с использованием научного стиля и с соблюдением требований к оформлению.

### Оценка работы

В результате хорошо выполненной работы Серік Әлибек считается достойным получения звания бакалавра техники и технологий по ОП «6B05101 –Биохимическая и химическая инженерия», работу оцениваю на «отлично-95%».

**Рецензент**

Рецензент, к.т.н. и.о. доцента кафедры ЮНЕСКО по устойчивому развитию  
КазНУ им. А.И.Фараби

Курбанова Л. С.

« 02 » 2023

Ф КазНУ 706-17. Рецензия



## Metadane

Tytuł

**Особенности колонизации нефтетрубопроводов микроорганизмами.docx**

Autor/zy

**Серік Әлибек Жомартұлы**

Promotor

**Гуля Джамалова**

Jednostka organizacyjna

**ИГИНГД**

## Alerty

W tej sekcji znajdują się statystyki występowania w tekście zabiegów edytorskich, które mogą mieć na celu zaburzenie wyników analizy. Niewidoczne dla osoby zapoznającej się z treścią pracy na wydruku lub w pliku, wpływają na frazy porównywane podczas analizy tekstu (poprzez celowe błędy pisowni) w celu ukrycia zapożyczeń lub obniżenia wyników w Raporcie podobieństwa. Należy ocenić, czy zaznaczone wystąpienia wynikają z uzasadnionego formatowania tekstu (nadwrażliwość systemu), czy są celową manipulacją.

Znaki z innego alfabetu		0
Rozstrzelenia		0
Mikrospacje		2
Ukryte znaki		0
Parafrazy		21

## Metryka podobieństw

Należy pamiętać, że wysokie wartości Współczynników nie oznaczają automatycznie plagiatu. Raport powinien zostać przeanalizowany przez kompetentną / upoważnioną osobę. Wyniki są uważane za wymagające szczegółowej analizy, jeśli WP 1 wynosi ponad 50%, a WP 2 ponad 5%.


**25**

Długość frazy dla WP 2


**4989**

Liczba słów


**40752**

Liczba znaków

## Aktywne listy podobieństw

Uwagi wymagają szczególnie fragmenty, które zostały włączone do WP 2 (zaznaczone pogrubieniem). Użyj linku "Pokaż w tekście" i zobacz, czy są to krótkie frazy rozproszone w dokumencie (przypadkowe podobieństwa), skupione wokół siebie (parafraza) lub obszerne fragmenty bez wskazania źródła (tzw. "kryptocytaty").

### 10 najdłuższych fragmentów

Kolor w tekście

LP	TYTUŁ LUB ADRES URL ŹRÓDŁA (NAZWA BAZY)	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)	
1	<a href="https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktori-nefti-i-nefteproduktov--.html">https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktori-nefti-i-nefteproduktov--.html</a>	54	1.08 %
2	<a href="https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktori-nefti-i-nefteproduktov--.html">https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktori-nefti-i-nefteproduktov--.html</a>	30	0.60 %
3	<a href="https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html">https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html</a>	28	0.56 %
4	<a href="https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktori-nefti-i-nefteproduktov--.html">https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktori-nefti-i-nefteproduktov--.html</a>	21	0.42 %

5	<a href="https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html">https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html</a>	13	0.26 %
6	<a href="https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html">https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html</a>	12	0.24 %
7	<a href="https://latosca.ru/varianty-pererabotki-nefti-mestorozhdeniya-karachaganak/">https://latosca.ru/varianty-pererabotki-nefti-mestorozhdeniya-karachaganak/</a>	12	0.24 %
8	<a href="https://ru.wikibrief.org/wiki/Karachaganak_Field">https://ru.wikibrief.org/wiki/Karachaganak_Field</a>	11	0.22 %
9	<a href="https://ru.wikibrief.org/wiki/Karachaganak_Field">https://ru.wikibrief.org/wiki/Karachaganak_Field</a>	9	0.18 %
10	<a href="https://kz.joblum.com/job/specialist-po-programme-kartocek-ot-tb-i-oos/430714">https://kz.joblum.com/job/specialist-po-programme-kartocek-ot-tb-i-oos/430714</a>	9	0.18 %

z bazy RefBooks (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z bazy macierzystej (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z Programu Wymiany Baz (0.00 %)



LP	TYTUŁ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------

z Internetu (4.21 %)



LP	ADRES URL ŹRÓDŁA	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)	
1	<a href="https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktor-i-nefteproduktov--.html">https://studentopedia.ru/ekologiya/mikrobnaya-degradaciya-uglevodorodov-nefti--mikroorganizmi---destruktor-i-nefteproduktov--.html</a>	105 (3)	2.10 %
2	<a href="https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html">https://labtorg.kz/labfurniture/laminars/laminar-bo-pp-b.html</a>	53 (3)	1.06 %
3	<a href="https://ru.wikibrief.org/wiki/Karachaganak_Field">https://ru.wikibrief.org/wiki/Karachaganak_Field</a>	26 (3)	0.52 %
4	<a href="https://latosca.ru/varianty-pererabotki-nefti-mestorozhdeniya-karachaganak/">https://latosca.ru/varianty-pererabotki-nefti-mestorozhdeniya-karachaganak/</a>	17 (2)	0.34 %
5	<a href="https://kz.joblum.com/job/specialist-po-programme-kartocek-ot-tb-i-oos/430714">https://kz.joblum.com/job/specialist-po-programme-kartocek-ot-tb-i-oos/430714</a>	9 (1)	0.18 %

**Lista zaakceptowanych fragmentów (brak zaakceptowanych fragmentów)**

LP	TREŚĆ	IDENTYCZNYCH SŁÓW (FRAGMENTÓW)
----	-------	--------------------------------