**МРНТИ**[**579.6**](https://www.triumph.ru/html/serv/udk.html?category_id=36813&parent_id=34795)

**ВЛИЯНИЕ УГЛЕВОДОРОДНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА СТРУКТУРУ МИКРОБНОГО СООБЩЕСТВА ПОЧВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЗАБУРУНЬЕ**

1Бержанова Р.Ж.[](https://orcid.org/0000-0001-9251-4452), 1Есентаева К.Е.[](https://orcid.org/0000-0002-3243-4837), 1Мукашева Т.Д.[](https://orcid.org/0000-0003-3275-7895), 1Касенова А.,[](https://orcid.org/0000-0001-8845-6317) 2Аралбаева А.А., 1Кудабаев А., 1Турсунова К[](https://orcid.org/0000-0002-7517-369X).

1Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы

2Товарищество с ограниченной ответственностью «Bioclean», г. Алматы

\*Корреспондентный автор–Р.Ж. Бержанова, [Ramza.Berzhanova@kaznu.kz](mailto:Ramza.Berzhanova@kaznu.kz),

**Аннотация**

В данной статье представлены результаты определения численности микроорганизмов в загрязненных образцах почвы местрождения Забурунье.

Данное исследование посвящено изучению почвенного микробного сообщества в результате ингибирующего воздействия углеводородного загрязнения. Взаимосвязь между углеводородами и численностью эколого-физиологических групп оценивалась на образцах почвы с различным уровнем загрязнения.

Основные результаты. Численность эколого-физиологических групп микроорганизмов считается важным показателем биологической активности почвы, на которое оказывает влияние нефтяное загрязнение. Так, результаты показали, что углеводородное загрязнение ингибировало численность микроорганизмов в образцах почвы со степенью углеводородного загрязнения от 22560±28,8 до 33265±19,8. Относительно высокое количество всех эколого-физиологических групп отмечено во всех образцах почвы с низким содержанием углеводородов. Так, численность на КАА была 138,6 ±8,91 тыс./г почвы КОЕ, а на МПА 98,6±2,23 тыс./г почвы КОЕ. Также отмечена высокая численность углеводородокисляющих микроорганизмов во всех образцах с незначительным содержанием нефти. Селективное действие нефти на структуру микробного сообщества почв месторождения Забурунье выражается в том, что в загрязненных почвах значительно не высоко число микроорганизмов.

**Ключевые слова:** нефть,почва, численность микроорганизмов, бактерии, актинобактерии, микромицеты, углеводородокисляющие микроорганизмы

**ЗАБУРУНЬЕ КЕН ОРНЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНА КӨМІРСУТЕГІ ЛАСТАНУЫНЫҢ**

**МИКРОБТЫҚ ҚАУЫМДАСТЫҒЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ӘСЕРІ**

1Бержанова Р.Ж.[](https://orcid.org/0000-0001-9251-4452), 1Есентаева К.Е.[](https://orcid.org/0000-0002-3243-4837), 1Мукашева Т.Д.[](https://orcid.org/0000-0003-3275-7895), 1Касенова А., 2Аралбаева А.А., 1Кудабаев А., 1Турсунова К[](https://orcid.org/0000-0002-7517-369X).

1Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

2Жауапкершілігі шектеулі серіктестігі“Bioclean”, Алматы қ.

\*Корреспонденттік автор – Р.Ж. Бержанова, [Ramza.Berzhanova@kaznu.kz](mailto:Ramza.Berzhanova@kaznu.kz),

**Аннотация**

Бұл мақалада Забурунье кен орнынан ластанған топырақ сынамаларындағы микроорганизмдер санын анықтау нәтижелері келтірілген.

Бұл зерттеу көмірсутектермен ластанудың ингибиторлық әсерінің нәтижесінде топырақтың микробтық қауымдастығын зерттеуге арналған. Көмірсутектер мен эколого-физиологиялық топтар санының арасындағы байланысы, ластaну деңгейі әртүрлі топырақ үлгілері бағаланды.

Негізгі нәтижелер. Микроорганизмдердің экологиялық және физиологиялық топтарының саны топырақтың биологиялық белсенділігінің маңызды индикаторы болып саналады, оған мұнайдың ластануы әсер етеді. Сонымен, алынған нәтижелер бойынша көмірсутектердің ластану дәрежесі 22560±28,8 – ден 33265±19,8 аралығында болған кезде топырақ үлгілерінде микроорганизмдердің санын тежеледі. Құрамында көмірсутектері аз топырақтың үлгілерінде барлық экологиялого-физиологиялық топтардың саны салыстырмалы түрде көп байқалды.Осылайша КАА қоректік ортасындағы микроорганизмдер саны 138,6 ±8,91 мың/г топырақ КТБ, ал ЕПА қоректік ортасында 98,6±2,23 мың/г топырақ КТБ. Мұнай мөлшері аз болатын топырақ үлгілерде көмірсутегін тотықтырушы микроорганизмдердің сан көп болып анықталды. Забурунье кен орны топырағының микробтық бірлестігінің құрылымына мұнайдың селективті әсері ластанған топырақта микроорганизмдер саныайтарлықтай көп болмауымен ерекшеленеді.

**Кілттік сөздер:** мұнай, топырақ, микроорганизмдер саны, бактериялар, актинобактериялар, микромицеттер, көмірсутегін тотықтырушы микроорганизмдер.

**INFLUENCE OF HYDROCARBON POLLUTION ON THE STRUCTURE OF THE MICROBIAL COMMUNITY OF SOILS OF THE ZABURUNYE DEPOSIT**

1BerzhanovaR.Z.[](https://orcid.org/0000-0001-9251-4452), 1Yessentayeva K.Y.[](https://orcid.org/0000-0002-3243-4837), 1МukashevaT.D.[](https://orcid.org/0000-0002-3243-4837), 1КassenovaА., 2АralbayevaА.А., 1КudabayevА., 1TursunovaК[](https://orcid.org/0000-0002-7517-369X).

1al-FarabiKazakhNationalUniversity, Almaty

2LimitedLiabilityPartnership“Bioclean”, Almaty

\*Correspondentauthor – R.Z. Berzhanova, [Ramza.Berzhanova@kaznu.kz](mailto:Ramza.Berzhanova@kaznu.kz),

**Abstract**

This article presents the results of determining the number of microorganisms in contaminated soil samples from the Zaburunye deposit. This study is devoted to the study of the soil samples of the Zaburunye deposit.

This study is devoted to the study of the soil microbial community as a result of the inhibitory effect of hydrocarbon pollution. The relationship between hydrocarbons and the number of ecological and physiological groups was assessed using soil samples with different levels of pollution.

Main results. The number of ecological and physiological groups of microorganisms is considered an important indicator of the biological activity of the soil, which is influenced by oil pollution.Thus, the results showed that hydrocarbon pollution inhibited the number of microorganisms in soil samples with a degree of hydrocarbon pollution from 22560±28,8 to 33265±19,8.A relatively high number of all ecological and physiological groups was noted in all soil samples with a low content of hydrocarbons. Thus, the number of microorganisms on Sarch Ammonia Agar media was 138,6 ±8,91 thousand CFU/g soil. Also a high number of hydrocarbon oxidizing microorganisms was noted in all samples with an insignificant oil content.The selective effect of oil on the structure of the mictobial community of the soils of the Zaburunye field is expressed in the fact that the number of microorganisms is not significantly high in the contaminated soil.

**Key words:** oil, soil, number of microorganisms, bacteria, actinobacteria, mycromycetes, hydrocarbon – oxidizing microorganisms.

**Введение**

В настоящее время в Западном Казахстане происходит интенсивный рост нефтедобычи. Одной из острых экологических проблем, связанной с этим, является загрязнение почв нефтью и нефтесодержащими отходами, многие из которых являются высокотоксичными веществами. Загрязнение почвы нефтью является сегодня глобальной проблемой. Это может привести к ухудшению плодородия почвы, изменению физико-химических и микробиологических показателей почвы[1].

По современным представлениям почва — это биологическая и биохимическая система, одним из главных компонентов которой является почвенная микрофлора[2]. Загрязнение почвы углеводородами способствуют увеличению количества углерода и может действовать как фактор, который увеличивает рост и активность микроорганизмов[3-5].Однако в зависимости от природы углеводородов, они могут оказывать токсическое действие на микроорганизмы. Многочисленные исследования показали, что в почве,содержащей нефть, например, в местах разлива, численность микроорганизмов и их разнообразие тесно связано с нефтяными углеводородами и факторами окружающей среды.

Почва имеет низкую способность к самоочищению и самовосстановлению при попадании в нее загрязнений антропогенного происхождения. На техногенных субстратах, возможно, как снижение микробиологической активности микроорганизмов вследствие замедления физиолого-биохимических процессов [6], так и ее усиление в результате гибели чувствительных и развития устойчивых к загрязнению микроорганизмов [7; 8].Некоторые исследователиотмечают, что численность бактерий, разлагающих углеводороды, было высоким при аварийных разливах углеводородов[9; 10].

В данной статье в качестве объектов исследования служили образцы почв, которые были отобраны на территорииИсатайского района, в центральной части[Прикаспийской низменности](https://www.wikizero.com/ru/%D0%9F%D1%80%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%81%D0%BF%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BD%D0%B8%D0%B7%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C).

Цель нашего исследования – определить численность эколого-физиологических групп микроорганизмовв почвенных образцах с давними сроками нефтяного загрязнения.

**Материал и методыисследования**

Для изучения численности микроорганизмов были использованы несколько образцов с месторождения, сильнозагрязненные и слабозагрязненные. Образцы проб отбирали с глубины 0-20 см с горизонтов А0А1. Тип почвы - солончак пустынный.

**Питательные среды**

В работе были использованы стандартные питательные среды, описанные в руководствах [11;12] и фирмHaimedia иЛабхим.

Определение численности микроорганизмов в почвах проводили стандартными методами [11; 12].

На среде Кинга определена общая численность гетеротрофных микроорганизмов. Учет выросших колоний проведен на 3-10 сутки [12].

На среде Сабуроучитывали численность микромицетовна 7 сутки, ПА – общая численность почвенных микроорганизмов на 3-15 сутки.

На среде Сабуроучтена численность спорообразующих микроорганизмов на 5-7 сутки.

Крахмал-аммиачную средуиспользовали для выявления микроорганизмов, участвующих в минерализации неорганических соединений азота,(г/л водопроводной воды) растворимый крахмал-20; KNO3-5,5; MgSO4-0,5; NaCL-1,0; K2HPO4-0,4; ZnSO4-0,002; FeSO4-0,002; агар-агар-20, рН-7,0-7,2. Стерилизовали при 0,1 МПа 30 минут.

Голодный агар (ГА), 20 г агар-агара расплавляли в 1 л дистиллированной воды с рН-7,0-7,2. Стерилизовали при 0,1 МПа 30 минут.На ГА учтена численность олиготрофных микроорганизмов на 7-10 сутки.

Почвенный агар Локхида (ПА) - K2HPO4 – 0,2 г/л; агар – 15 г/л; почвенный экстракт –1 л. Почвенный экстракт готовят из сильноокультуренной удобренной почвы. Просеянную через 3 мм сито почву смешивают с равным по массе количеством дистиллированной воды. Смесь автоклавируют 1 час при 1200С. Горячую суспензию фильтруют через бумажный фильтр при отсасывании, затем добавляли 20 г агара.

На средеЕванса учитывали численность углеводородокисляющих микроорганизмов: – (NH4)2SO4 – 1 г/л, K2HPO4 - 1 г/л, MgSO4 × 7H2O - 0,3 г/л, СаСl2 - 0,1 г/л, FeSO4 × 7H2O - 0,02 г/л,в качестве источника углерода добавляли нефть в количестве 1% [13].

Численность клеток выражали в количестве колониеобразующих единиц на 1 г воздушно-сухого образца [11; 12].

Остаточное содержание углеводородов определяли весовым методом после экстракции углеводородов хлороформом [14].

Результаты были подвергнуты дисперсионному анализу (ANOVA), а средние значения были разделены с помощью LSD-теста, защищенного Фишером, с использованием аналитического программного обеспечения Infostat для Windows. Для всех статистических тестов использовался порог значимости 0,05[15].

**Результаты исследования и их обсуждение**

Для того чтобы понять функционирование почвы как системы важна как качественная характеристика почвенной микробиоты, т.е. видовой состав и разнообразие, так и количественная характеристика. Почвенные микроорганизмы являются идеальными биоиндикаторами изменений почвы, что обусловлено их обилием, сложной структурой образуемых ими сообществ, ролью и значением в почвообразовательных процессах и высокой чувствительностью к различным повреждающим факторам.

Так, численность гетеротрофных микроорганизмов является важным критерием для оценки состояния процессов, происходящих в почве. Имеются довольно противоречивые сведения о численности гетеротрофных микроорганизмов в различных типах почв при нефтяном загрязнении [16]. Уровень загрязнения нефти влиял на численность бактерий, усваивающих органические соединения азота (Рисунок 1).Так, их количество былоотносительно низким в образцах с уровнем загрязнения углеводородами от22560±28,8до33265±19,8 мг/кг почвы, на 1-2 порядка ниже, чем с низким содержанием углеводородов.

Такие же результаты были получены при определении численности микроорганизмов, использующие минеральные формы азота. Относительно высокое их количество отмечено во всех образцах почвы с низким содержанием углеводородов. Так, например, численность на КАА была при глубине 0-10 см 138,6 ±8,91 тыс./г почвы КОЕ, а на Кинга 98,6±2,23 тыс./г почвы КОЕ. Наблюдается стойкое ингибирующее действие нефтяных углеводородов и на эту группу микроорганизмов

Глубина, 10-20 см Нефть 33265 мг/г

**Рисунок 1** - Численность эколого-трофических групп микроорганизмов в нефтезагрязненных почвенных образцах

Для определения численности микрофлоры почв целесообразно использовать питательные среды с пониженным содержанием питательных веществ. Использование низкоуглеродных сред, например, позволяет выявить микроорганизмы, которые медленно растут [17]. Кроме того, некоторые исследователи отмечают, что на низкоуглеродных средах разнообразие микроорганизмов гораздо выше [18]. Установлено, что численность микроорганизмов во всех исследуемых образцах почвы с низким уровнем загрязнения нефтью выше на ПА и ГА в один порядок, чем на Кинга и КАА.

При рассмотрении влияния нефтяного загрязнения на спорообразующие микроорганизмы отмечена низкая их численность, в почвах с высоким содержанием нефти, по сравнению с образцами почв, в которых концентрация углеводородов была от 1151±5,45 до 1565±7,81 мг/кг почвы. В этих образцах почв независимо глубины отбора проб численность споровых бактерий не отличалась и составляла от 0,23 до 0,93 КОЕ, тыс./г почвы. Актинобактерии– особая в экологическом отношении группа почвенных микроорганизмов, изучение их численности представляется интерес в связи с тем, что они играют большую роль в минерализационных процессах почвы и круговороте веществ. Ониоказываютактивноевлияниенаструктурумикробиоценозов[19]. Как видно из этих данных в образцах почв с низким содержанием нефти численность актиномицетов не высокая. Разнообразие невелико, доминировали в основномстрептомицеты (Таблица 1).

**Таблица 1**- Численностьактинобактерий и спорообразующих бактерий в нефтезагрязненных почвах

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Месторождение | Количество нефти, мг/кг | Глубина,  см | Численность микроорганизмов КОЕ, тыс./г почвы | |
| Спорообразующие | Актинобактерии |
| Забурунье | 1151±5,45 | 0-10 | 0,38±0,025 | 5,5±0,34 |
| 1565±7,81 | 10-20 | 0,23±0,019 | 5,7±0,56 |
| 22560±28,8 | 0-10 | 0,026±0,0031 | 0,28±0,065 |
| 33265±19,8 | 10-20 | 0,022±0,0027 | 0,042±0,0089 |

Одной из характеристик почв является заселенность их микромицетами. Последние представляют собой важнейший компонент микробного сообщества почв и участвуют в процессах, поддерживающих плодородие почвы [20]. По данным литературы микромицеты устойчивы к нефтяному загрязнению, и могут увеличивать свою численность при высоких концентрациях нефти [21; 22].Как видно из рисунка 3 численность микромицетов была различной в анализируемых образцах почвы и зависела от уровня загрязнения. При содержании нефти 22560±28,8 - 33265±19,8 мг/кг почвы количество микромицетов было на 2-3 порядка ниже, чем почвах, содержащие углеводороды от 1151±5,45 мг/кг до 1565±7,81 мг/кг почвы. Высокий уровень загрязнения обедняет разнообразие дрожжей и микроскопических грибов. В этих образцах численность дрожжей рода *Rhodotorula*была на два порядка ниже, чем в почвах с высоким содержанием нефти (Таблица 2).

Исследователи отмечают, что нефть в невысоких концентрациях стимулирует развитие олигонитрофилов [23]. По полученным данным, показано, что олигонитрофилы чувствительны к нефтяному загрязнению. Их численность падала с увеличением концентрации нефти.

**Таблица 2 -** Численность дрожжей и микроскопических грибов в нефтезагрязненной почве

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Месторождение | Количество нефти, мг/кг | Глубина,  см | Численность микроорганизмов КОЕ, тыс./г почвы | |
| дрожжи | микроскопические грибы |
| Забурунье | 1151±5,45 | 0-10 | 35,6±0,049 | 89,2±5,6 |
| 1565±7,81 | 10-20 | 0,25±0,061 | 3,51±0,57 |
| 22560±28,8 | 0-10 | 0,039±0,0037 | 0,83±0,038 |
| 33265±19,8 | 10-20 | 0,031±0,0063 | 0,39±0,027 |

Углеводородокисляющие микроорганизмы (УОМ) являются важной экологической группой микроорганизмов, вовлекающих нефтяные углеводороды в круговорот веществ в различных биотопах. По полученным данным, характер воздействия нефтяного загрязнения на численность углеводородокисляющих микроорганизмов определяется длительностью воздействия нефти и его количество[24].Высокая численность углеводородокисляющих микроорганизмов отмечена во всех образцах с незначительным содержанием нефти. В образцах почв, где концентрация нефти увеличивается на один порядок, численность углеводородокисляющих микроорганизмов на один и два порядка ниже. Вероятно, высокий уровень загрязнения нефтью не стимулирует увеличение численности углеводородокисляющих микроорганизмов, так как, наблюдается эффект токсического действия нефти на почвенные микроорганизмы (Рисунок 2).

Глубина, 0-10см, Нефть 33265 мг/г

**Рисунок 2**- Численность углеводородокисляющих бактерий в нефтезагрязненной почве

Результаты исследовании микроценоза почв месторождения Забурунье показали, что наибольший удельный вес приходится на долю микроорганизмов, учитываемых на почвенном агаре. Повышение численности микроорганизмов, учитываемых на низкоуглеродных средах, рассматривают как отрицательный факт. В почвах с высоким содержанием нефти процессы минерализации органического вещества происходят без дополнительного его поступления. Возможно, минерализация органического вещества, в основном, происходит за счет увеличения разложения гумуса почвы, и как следствие, наблюдается истощение его запасов. Интенсивность деградации нефти находится в прямой зависимости количества различных эколого-физиологических групп почвенных микроорганизмов, возможно, их физиологической активности и чем выше эти показатели, тем активнее протекают процессы восстановления почвенного покрова.

**Заключение**

Месторождение Забурунье было открыто 1981 году и находится в разработке более 35 лет, за этот период было добыто более 1/3 от первоначальных запасов нефти. Длительное воздействие нефти на почву вызывает изменение численности микроорганизмов, нарушение структуры микробных компонентов, которое проявляется в развитии «специализированных» эколого-трофических групп микроорганизмов, участвующих на разных этапах утилизации добавочной энергии. Селективное действие нефти на почвенную микробиоту, в первую очередь выражается в том, что в загрязненных почвах значительно уменьшается число микроорганизмов. Обнаружено увеличение количества узкоспециализированных форм, окисляющих углеводороды. Нефть в высоких концентрациях снижает численность всех групп гетеротрофных микроорганизмов и возможно, что какие–то компоненты нефти токсичны для этой группы.

**Конфликт интересов.** Все авторы прочитали и ознакомлены с содержанием статьи и не имеют конфликта интересов.

**Список литературы**

1. IkuesanF.A. 2017. Evaluation of crude oil biodegradation potentials of some indigenous soil microorganisms. Journal of Scientific Research and Reports 13:1-9. doi:10.9734/JSRR/2017/29151. [[Links](javascript:void(0);)]

2. ПолянскаяЛ.М., ЗвягинцевД.Г.Содержаниеиструктурамикробнойбиомассыкакпоказательэкологическогосостоянияпочв //Почвоведение, 2005, № 6.- С. 706-714

3. Bundy J.G., Paton G.I., Campbell C.D. 2002. Microbial communities in different soil types do not converge after diesel contamination// J. Appl. Microbiol. 92, 276–288.

4.Hazen T.C., Dubinsky E.A., DeSantis, T.Z., Andersen G.L., Piceno Y.M., Singh N., et al. (2010). Deep-sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria. Science 330, 204–208. doi: 10.1126/science.1195979

5.Yang Y., Wang, J., Liao, J., Xie, S., and Huang, Y. (2015). Abundance and diversity of soil petroleum hydrocarbon-degrading microbial communities in oil exploring areas. //Appl. Microbiol. Biotechnol. 99, 1935–1946. doi: 10.1007/ s00253-014-6074-z

6. Fuentes S., Barra B., Caporaso J. G., Seeger M. (2015). From rare to dominant: a fine-tuned soil bacterial bloom during petroleum hydrocarbon bioremediation. //Appl. Environ. Microbiol. 82, 888 – 896. doi: 10.1128/AEM. 02625-15

7.Varjani S.J. (2017). Microbial degradation of petroleum hydrocarbons// Bioresour. Technol. 223, 277–286. doi: 10.1016/j.biortech.2016.10.037

8. Xingjian Xu, Wenming Liu , Shuhua Tian , Wei Wang, Qige Qi, Pan Jiang, Xinmei Gao, Fengjiao Li, Haiyan Li, Hongwen Yu1, (2018)// Petroleum Hydrocarbon-Degrading Bacteria for the Remediation of Oil Pollution Under Aerobic Conditions: A Perspective Analysis Front// Microbiol., 03 December 2018 [https: //doi.org/10.3389/fmicb.2018.02885](https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02885)

9. [Sulaiman A.Alrumman](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364714000792#!), [Dominic B.Standing,](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364714000792#!) [Graeme I.Paton](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364714000792" \l "!) (2015), Effects of hydrocarbon contamination on soil microbial community and enzyme activity //[Journal of King Saud University - Science](https://www.sciencedirect.com/science/journal/10183647)[V. 27, Issue 1](https://www.sciencedirect.com/science/journal/10183647/27/1), P. 31-40.

10. Yilei Yu, Yinghua Zhang, Nana Zhao, JiaGuo, Weigang Xu, Muyuan Ma, Xiaoxia Li (2020) Research and Public Health Article Remediation of Crude Oil-Polluted Soil by the Bacterial Rhizosphere Community of Suede Salsa Revealed by 16S rRNA Genes Int. J. Environ. Res. PublicHealth, 17, 1471.

# 11.Звягинцев Д.Г. Методы почвенной микробиологии и биохимии М.: Изд-во МГУ, 1991. - 304 с.

# 12.Allen O.N. 1959. Experiments in Soil Bacteriology. Burgess Publishing Co., New York Google Scholar.

13.Martin J.P. 1950. Use of acid, rose Bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. SoilScience 69: 215-232.

14. Лурье Ю.Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. - М.: Химия, 1984. - С. 448-450.

15.Шеффе Г. Дисперсионный анализ. - М., 1980. 512 c.

16. Добровольский Г.В. Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. - М.: ГЕОС, 1999. - 277с.

17. F.T. De Vries,A. Shade Shade**Controls on soil microbial community stability under climate change//** Frontiers in Microbiology, Vol. 4, 2013, p.265 [Google Scholar](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Controls%20on%20soil%20microbial%20community%20stability%20under%20climate%20change&publication_year=2013&author=F.T.%20De%20Vries&author=A.%20Shade).

18.Borowik A., Wyszkowska J. Impact of temperature on the biological properties of soil. International Agrophysics, Vol. 30, 2016, p.1 – 8.

19. González I., Ayuso-Sacido A., Anderson A., Genilloud O. (2005) Actinomycetes isolated from lichens: evaluation of their diversity and detection of biosynthetic gene sequences. FEMS microbiology ecology, 54(3): 401 - 415.

20. Marín C., Godo R., Valenzuela E., Schloter M., Wubet T., Boy J., Gschwendtner S. 2017. Functional land-use change effects on soil fungal communities in Chilean temperate rainforests // J. Soil Sci. Plant Nutr. 17, 985-1002.

21. Jahangeer and Kumar V. 2013. An overview on microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants. International Journal of Engineering and Technical Research 1:34-37.

22. WasenAbdul-Ameer Ali Biodegradation and phytotoxicity of crude oil hydrocarbons in an agricultural soil // 2019, Chil. j. agric. res.Vol.79№.2р. 266 – 272.

23. Delille D., B. Delille E., Pelletier E. Effectiveness of bioremediation of crude oil contaminated subAntarctic intertidal sediment: the microbial response // Microbial Ecology. – 2002. – Vol. 44, №2. – p. 118-126.

24. H.I. Abdel-Shafy, M.S. M. Mansour Chapter 15 Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment: An Overview. V. Kumar et al. (eds.) Microbial Action on Hydrocarbons, 2018. p.353-386 <https://doi.org/10.1007/978-981-13-1840-5_15>.

**References**

1. Allen, O.N. (1959) Experiments in Soil Bacteriology. Burgess Publishing Co.New York Google Scholar.
2. Borowik A., Wyszkowska J. (2016) Impact of temperature on the biological properties of soil. International Agrophysics, vol. pp. 30,1 – 8.
3. Bundy, J.G., Paton, G.I., Campbell, C.D. (2002) Microbial communities in different soil types do not converge after diesel contamination.J. Appl. Microbiol.pp. 92, 276–288.
4. DelilleD., B. Delille E., Pelletier (2002) Effectiveness of bioremediation of crude oil contaminated subAntarctic intertidal sediment: the microbial response. Microbial Ecology, vol. 44, no.2, pp. 118-126 –,
5. Dobrovolskiy G.V. (1999) Structurno – funkcionalnayarolpochvy v biosphere [Structurally functional role of soil in the biosphere]. М. ГЕОС, pp. 277.
6. F.T. De Vries,A. Shade (2013) Shade**Controls on soil microbial community stability under climate change.**Frontiers in Microbiology, vol. 4, pp.265 [Google Scholar](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Controls%20on%20soil%20microbial%20community%20stability%20under%20climate%20change&publication_year=2013&author=F.T.%20De%20Vries&author=A.%20Shade).
7. Fuentes, S., Barra, B., Caporaso, J.G., and Seeger, M. (2015) From rare to dominant: a fine-tuned soil bacterial bloom during petroleum hydrocarbon bioremediation.Appl. Environ. Microbiol.pp. 82, 888–896. doi: 10.1128/AEM. 02625-15.
8. González I, Ayuso-Sacido A, Anderson A, Genilloud O (2005) Actinomycetes isolated from lichens: evaluation of their diversity and detection of biosynthetic gene sequences. FEMS microbiology ecology, no 54(3),pp. 401 - 415.
9. Hazen, T. C., Dubinsky, E. A., DeSantis, T. Z., Andersen, G. L., Piceno, Y. M., Singh, N., et al. (2010) Deep-sea oil plume enriches indigenous oil-degrading bacteria.Science no 330,pp. 204–208. doi: 10.1126/science.1195979.
10. H.I. Abdel-Shafy, M.S. M. Mansour Chapter 15 (2018) Microbial Degradation of Hydrocarbons in the Environment: An Oerview, V. Kumar et al. (eds.) Microbial Action on Hydrocarbons.pp.353-386,<https://doi.org/10.1007/978-981-13-1840-5_15>.
11. Ikuesan, F.A. (2017) Evaluation of crude oil biodegradation potentials of some indigenous soil microorganisms. Journal of Scientific Research and Reports no.13, pp.1-9. doi:10.9734/JSRR/2017/29151.
12. Jahangeer and Kumar V. (2013) An overview on microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants.International Journal of Engineering and Technical Research pp.34-37.
13. Lurie Y.Y. (1984) Analiticheskayachimiyapromyshlennychstochnychvod [Analitycal chemistry of industrial waste water]. М. Chimiya, pp. 448-450.
14. Marín, C., Godoy, R., Valenzuela, E., Schloter, M., Wubet, T., Boy, J., Gschwendtner, S.(2017) Functional land-use change effects on soil fungal communities in Chilean temperate rainforests. J. Soil Sci. Plant Nutr. no.17, pp. 985-1002.
15. Martin, J.P. (1950) Use of acid, rose Bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. SoilScience,no.69,pp. 215-232.
16. Polyanskaya L.M., Zvyagincev D.G. (2005) Soderzhanie I structuramicrobnoibiomassykakpokazatelecologicheskogosostoyaniyapochv [The content and structure of microbial biomass as an indicator of the ecological state of soils]. Pochvovedenie, no. 6, pp. 706-714.
17. Sheffe G. (1980)Dispersionnyianaliz [Analysis of variance]М., pp.512.
18. [Sulaiman A.Alrumman](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364714000792#!), [Dominic B.Standing, Graeme I.Paton](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364714000792#!), (2015) Effects of hydrocarbon contamination on soil microbial community and enzyme activity[Journal of King Saud University - Science](https://www.sciencedirect.com/science/journal/10183647)[V. no.27, Issue 1](https://www.sciencedirect.com/science/journal/10183647/27/1), pp. 31-40.
19. Varjani, S.J. (2017) Microbial degradation of petroleum hydrocarbons.Bioresour. Technol. pp.223, 277–286. doi: 10.1016/j.biortech.2016.10.037.
20. WasenAbdul-Ameer Ali(2019) Biodegradation and phytotoxicity of crude oil hydrocarbons in an agricultural soil, Chil. j. agric. res.vol.79, no.2, pp. 266 – 272.
21. Xingjian Xu, Wenming Liu, Shuhua Tian, Wei Wang, Qige Qi, Pan Jiang, Xinmei Gao, Fengjiao Li, Haiyan Li, Hongwen Yu1, (2018). Petroleum.
22. Yang, Y., Wang, J., Liao, J., Xie, S., and Huang, Y. (2015) Abundance and diversity of soil petroleum hydrocarbon-degrading microbial communities in oil exploring areas.Appl. Microbiol. Biotechnol. pp.99, 1935–1946. doi: 10.1007/ s00253-014-6074-z.
23. Yilei Yu, Yinghua Zhang, Nana Zhao, JiaGuo, Weigang Xu, Muyuan Ma, Xiaoxia Li (2020) Research and Public Health Article Remediation of Crude Oil-Polluted Soil by the Bacterial Rhizosphere Community of Suaeda Salsa Revealed by 16S rRNA Genes. Int. J. Environ. Res. PublicHealth, no.17, pp. 1471.
24. Zvyagincev D.G. (1999) Metodypochvennoimicrobiologiy I biochimiy[Methods of soil microbiology and biochemistry].М.: Id-vоМGU,pp. 304.