

March 2024

## DETECTION AND IDENTIFICATION OF MICROORGANISMS - OIL DESTRUCTORS IN OIL-CONTAMINATED SOILS OF TURKMENISTAN

Durdymurad GADAMOV

*Centre of Technologies Academy of Sciences of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan,*  
gadamo2022@gmail.com

Dunyagozel AMANNAZAROVA

*Centre of Technologies Academy of Sciences of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan,*  
amannazarowadunya@gmail.com

Ludmila GULMAMEDOVA

*Centre of Technologies Academy of Sciences of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan,*  
gulmamedovaludmila23@gmail.com

Follow this and additional works at: <https://cce.researchcommons.org/journal>

---

### Recommended Citation

GADAMOV, Durdymurad; AMANNAZAROVA, Dunyagozel; and GULMAMEDOVA, Ludmila (2024) "DETECTION AND IDENTIFICATION OF MICROORGANISMS - OIL DESTRUCTORS IN OIL-CONTAMINATED SOILS OF TURKMENISTAN," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2023: No. 2, Article 7. DOI: 10.34920/cce202327 Available at: <https://cce.researchcommons.org/journal/vol2023/iss2/7>

This Article is brought to you for free and open access by Chemistry and Chemical Engineering. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of Chemistry and Chemical Engineering. For more information, please contact [zuchra\\_kadirova@yahoo.com](mailto:zuchra_kadirova@yahoo.com).

## DETECTION AND IDENTIFICATION OF MICROORGANISMS - OIL DESTRUCTORS IN OIL-CONTAMINATED SOILS OF TURKMENISTAN

Durdymurad GADAMOV (gadamov2022@gmail.com)  
Dunyagozel AMANNAZAROVA (amannazarowadunya@gmail.com)  
Ludmila GULMAMEDOVA (gulmamedovaludmila23@gmail.com)  
Centre of Technologies Academy of Sciences of Turkmenistan, Ashgabat, Turkmenistan

*In this article, samples of soils contaminated with oil and oil sludge from the Seydi and Turkmenbashi oil refineries were studied. In order to identify the native microflora, as well as hydrocarbon-oxidizing microorganisms of oil destructors, microbiological and mycological analyzes were carried out. The identification of microorganisms was carried out using the VITEC MS apparatus, the principle of which is based on the colorimetric method. As a result, samples of soil studies, at the Seydi oil refinery, have been identified 3 strains of bacteria, 14 actinomycetes and 9 strains of hydrocarbon-oxidizing microorganisms. On the oil-contaminated soils of the Turkmenbashi oil refinery 24 strains of bacteria belonging to 8 genera and 11 species of hydrocarbon-oxidizing microorganisms were isolated. Detection and identification of hydrocarbon-oxidizing microorganism strains of oil destructors are the basis for the creation of a biological products with high emulsifying and oil-oxidizing activity.*

**Keywords:** oil-contaminated soil, oil sludge, indigenous microflora, bacteria, actinomycetes, fungi, hydrocarbon-oxidizing microorganisms

## ВЫЯВЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ МИКРООРГАНИЗМОВ – НЕФТЕДЕСТРУКТОРОВ В НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ПОЧВАХ ТУРКМЕНИСТАНА

Дурдымурад ГАДАМОВ (gadamov2022@gmail.com)  
Дуньягозел АМАННАЗАРОВА (amannazarowadunya@gmail.com)  
Людмила КУЛЬМАМЕДОВА (gulmamedovaludmila23@gmail.com)  
Технологический центр Академии наук Туркменистана, Ашгабат, Туркменистан

*В данной статье исследованы образцы почвы, загрязненных нефтью и нефтешламами Сейдинского и Туркменбашинского нефтеперерабатывающих заводов. С целью выявления нативной микрофлоры, а также углеводородокисляющих микроорганизмов нефтедеструкторов проведены микробиологические и микологические анализы. Идентификацию микроорганизмов проводили с помощью аппарата VITEC MS, принцип работы которого основан на колориметрическом методе. В результате исследования образцов почвы на Сейдинском нефтеперерабатывающем заводе выявлено 3 штамма бактерий, 14 актиномицетов и 9 штаммов углеводородокисляющих микроорганизмов. На нефтезагрязненных почвах Туркменбашинского нефтеперерабатывающего завода выделено 24 штамма бактерий, относящихся к 8 родам и 11 видам углеводородокисляющих микроорганизмов. Обнаружение и идентификация штаммов углеводородокисляющих микроорганизмов нефтедеструкторов являются основой для создания биопрепаратов с высокой эмульгирующей и нефтеокисляющей активностью.*

**Ключевые слова:** нефтезагрязненная почва, нефтешлам, аборигенная микрофлора, бактерии, актиномицеты, грибы, углеводородокисляющие микроорганизмы

## TURKMANISTONNING NEFT BILAN IFOLLANGAN TURUQLARDAGI MIKROORGANIZMLAR - NEFTNI YO'Q QILGANLARNI ANIQLASH VA IDENTIFIKATSIYA QILISH

Durdymurad GADAMOV (gadamov2022@gmail.com)  
Dunyagozel AMANNAZAROVA (amannazarowadunya@gmail.com)  
Ludmila GULMAMEDOVA (gulmamedovaludmila23@gmail.com)  
Turkmaniston Fanlar Akademiyasi Texnologiyalar Markazi, Ashgobod, Turkmaniston

*Ushbu maqolada Seydinsk va Turkmanboshi neftni qayta ishlash zavodlarining neft va neft loylari bilan ifloslangan tuproq namunalari o'rganildi. Mahalliy mikroflorani, shuningdek, neft destruktortlarining uglevodorod oksidlovchi mikroorganizmlarini aniqlash uchun mikrobiologik va mikologik tahlillar o'tkazildi. Mikroorganizmlarni aniqlash VITEC MS apparati yordamida amalga oshirildi, uning printsipi kolorimetrik usulga asoslangan. Seydi neftni qayta ishlash zavodida tuproq namunalari o'rganish natijasida bakteriyalarning 3 shtammi, 14 ta aktinomitset va 9 ta uglevodorod oksidlovchi mikroorganizmlar shtammi aniqlangan. Turkmanboshi neftni qayta ishlash zavodining neft bilan ifloslangan tuproqlarida uglevodorod oksidlovchi mikroorganizmlarning 8 avlodiga mansub 24 ta bakteriya shtammi va 11 turdagi shtammi ajratilgan. Uglevodorodni oksidlovchi mikroorganizmlarning shtammlarini, neft destruktortlarini aniqlash va aniqlash yuqori emulsifikatsiya qiluvchi va moy oksidlovchi faollikka ega biologik preparatlar yaratish uchun asosdir.*

**Kalit so'zlar:** neft bilan ifloslangan tuproq, neft shlami, mahalliy mikroflora, bakteriyalar, aktinomitsetalar, zamburug'lar, uglevodorod oksidlovchi mikroorganizmlar

DOI: 10.34920/cce202327

### Введение

В мире с развитием технологий увеличивается потребление нефти, а вместе с ростом добычи нефти происходит увеличение количества нефтеотходов, что обостряет проблему их утилизации. Среди всех нефтяных отходов, полученных в результате переработки нефти, пагубное влияние на окружающую среду оказывают нефть и нефтеотходы [1].

Нефть представляет собой смесь разнообразных химических соединений,

состоящих из насыщенных углеводородов с нормальной и разветвленной цепью, олефинов, циклоалканов, ароматических углеводородов, асфальтенов и смол [2]. Попадая в почву, они нарушают биологический и геохимический баланс почвы. Эти нарушения возникают под воздействием различных механизмов: нарушение водно-воздушного баланса почвы; изменение миграционной способности отдельных химических элементов в ней ингибирования микробиоценоза [3].

Нефть существенным образом изменяет физические характеристики почвы. Обладая гидрофобными свойствами, нефть модифицирует основные свойства почвенных частиц. Резкое увеличение гидрофобности почвы изменяет показатели ее водно-физических свойств, резко меняется водно-воздушный баланс. В частности сокращается впитывание воды вследствие чего увеличивается поверхностный сток, а за счет уплотнения гидрофобность верхнего нефтезагрязненного слоя сокращает транспирацию воды из нижележащих слоев, ограничивая их газовый обмен [4].

Туркменистан является одной из ведущих стран по добыче и переработке нефти и нефтепродуктов. В стране функционирует Туркменбашинский комплекс нефтеперерабатывающих заводов в состав которого входит и Сейдинский нефтеперерабатывающий завод. На территории заводов накоплено большое количество нефтешламов. Образуются они, как правило, при добыче, переработке нефти, очистке резервуаров, которые до сегодняшнего дня не подвергались утилизации. Имеющиеся нефтяные амбары переполнены, все больше участков грунта поражаются нефтяными отходами, растет число «нефтешламовых озер», усложняется их состав. Это ведет к необходимости проведения научно-исследовательских работ с целью предотвращения более трудных и затратных процессов переработки нефтешламов, вместе с тем улучшение экологической обстановки Балканского и Лебапского велаятов.

На сегодняшний день актуальным и экономически эффективным методом утилизации нефтешламов является биологический метод, то есть микробиологическая очистка земель от нефтяного загрязнения, основанные на использовании чистых или смешанных культур углеводородокисляющих микроорганизмов в сочетании с веществами, стимулирующими их активность [5, 6].

Известно, почва обладает мощной самоочищающей способностью. Вместе с тем, ее способность к самоочищению имеет свои границы. Период самовосстановления растительного покрова после загрязнения его нефтью и нефтепродуктами длителен и составляет от 7,5 лет до 20 лет [7, 8]. Эффект длительного воздействия нефти на почву проявляется в изменении ее микробиологических свойств и комплекса почвенных микроорганизмов в целом. Нефть оказывает селекционное воздействие на почвенную микробиоту. В загрязненных почвах в большом количестве содержатся микроорганизмы, способные окислять различные углеводороды. Причем в загрязненной почве их количество выше, чем в почвах без нефти [9]. Они являются

обычными компонентами биоценозов почв [10, 11]. Этот процесс относится к естественным процессам разложения углеводородов до углекислого газа и воды [12]. Именно им принадлежит роль самоочищения природных объектов и он зависит от активной деятельности живых ее обитателей различных видов бактерий, актиномицетов, грибов, водорослей, простейших, червей, личинок насекомых и др. [13].

В литературных источниках описано 22 рода бактерий, 31 род микроскопических грибов, 19 родов дрожжей, выделенных из почвенных экосистем, способных к биодegradации нефтяных углеводородов [14, 15]. Обнаружено увеличение количества узкоспециализированных форм микроорганизмов, окисляющих газообразные углеводороды, твердые парафины, ароматические и алифатические углеводороды. Среди них выявлены бактерии родов *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Rhodococcus*, *Micrococcus*, *Micromonaspora* и др. [16, 17]. Наряду с бактериями к нефтяным загрязнениям более устойчивы грибные сообщества. Наиболее распространены в почвах, загрязненной нефтью и нефтепродуктами, являются представители родов *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Fusarium*, *Trichoderma* и *Alternaria*. [18, 19]. Отмечается накопление в нефтезагрязненных почвах фитопатогенных видов микромицетов [20].

Основой реабилитации нефтезагрязненных почв путем применения штаммов микроорганизмов является учет факторов влияющих на деградацию нефти, т.е. рода, вида вносимых микроорганизмов и их влияние на естественные микробные сообщества; температура окружающей среды; pH среды; концентрация различных классов нефтяных углеводородов в почве; механического состава почвы и степени ее аэрации. Еще одним важным требованием к данным микроорганизмам является их непатогенность [21, 22].

Перспективным решением проблемы реабилитации нефтезагрязненных почв является применение штаммов микроорганизмов (бактерий, микромицетов, актиномицетов), а также сообществ углеводородокисляющих микроорганизмов, адаптированных к конкретным условиям применения [23-25].

Таким образом, утилизация и переработка нефтяных шламов на Туркменбашинском комплексе нефтеперерабатывающих заводов остается не решенной проблемой, которая требует глубоких исследований и разработки экономически эффективных методов очистки нефтезагрязненных почв.

Цель работы: выделение и идентификация аборигенной микробиоты и нефтедеструк-

торов, из почв загрязненной нефтешламом Туркменбашинского и Сейдинского нефтеперерабатывающих заводов.

### Методы исследования

С целью выделения и идентификации аборигенной микрофлоры нефтезагрязненных почв и её нефтеструктуров проводился отбор почв и нефтешлама с нефтешламового амбара в Балканском велаяте города Туркменбаши на территории Туркменбашинского нефтеперерабатывающего завода (ТНПЗ) и в Лебапском велаяте города Сейди на территории Сейдинского нефтеперерабатывающего завода (СНПЗ) с соблюдением стандартов забора материалов. По приведенным ниже методикам проводили микробиологические анализы образцов с ТНПЗ и СНПЗ заводов.

Микробиологические исследования проводились путем серий экспериментов с соблюдением условий стерильности. Из исследуемого материала готовились суспензии в 4-х разведениях (1:100, 1:1000, 1:10000, 1:100000). Полученные разведения использовали для посева на различных питательных средах. Выделение и учет бактерий из нефтезагрязненной почвы проводили методом прямого посева на питательную среду МПА (мясопептонный агар) [26-28]; микроскопических грибов на среду Чапека-Докса в соответствии с общепринятыми методиками [29, 30]. В результате проведенных работ выделяли и идентифицировали микроорганизмы, необходимые для дальнейших исследований, изучение их способности расти в образцах почв, загрязненных нефтью.

Идентификацию микроорганизмов проводили с помощью аппарата VITEC MS, находящегося на базе Центра Общественного здоровья и питания Туркменистана. Принцип работы аппарата VITEC MS основан на колориметрическом методе. В дальнейшем изучили способность выделенных микроорганизмов расти в почве, загрязненной нефтью. В качестве посевного материала использовали чистую суточную культуру выделенных микроорганизмов. Рабочие растворы с нефтешламом и очищенным песком в количестве 0,5 мл каждого при помощи дозатора со стерильным наконечником вносили в две стерильные пробирки, затем 0,5 мл инокулюма вносили в обе пробирки. Готовили инокулюм, используя чистую суточную культуру выделенных микроорганизмов. Бактериологической петлей переносили незначительное количество материала с верхушек колоний в пробирку, доводя плотность инокулюма точно до 0,5 по стандарту МакФарланда [31]. Полученные суспензии

инкубировали в течение 24 часов при 37 °С. После инкубации из каждой пробирки с микробной взвесью материал высевали на плотные питательные среды.

Для получения накопительной культуры углеводородокисляющих микроорганизмов, питательную среду (жидкая минеральная среда с содержанием нефти 80%) с нефтешламом инкубировали в качалочных условиях (220 об/мин) при комнатной температуре в течение 7 суток. В качестве единственного источника углерода и энергии, не прошедшую промышленную обработку нефть вносили непосредственно в ростовую питательную среду. По истечению срока культивирования проведен посев в чашки Петри, с последующим выделением углеводородокисляющих микроорганизмов. Идентификацию проводили по той же методике.

Наличие патогенности у выделенных углеводородокисляющих микроорганизмов определяли по способности мацерировать растительную ткань (рис. 1). В качестве растительной ткани использовали нарезанную дисками морковь диаметром 3-5 см, толщиной 1 см. Опыт проводили в термостате при оптимальной температуре 30 °С в течении 1-3 суток.



Рисунок 1. Опыт на наличие патогенных микроорганизмов.

Наличие или отсутствие мацерации определяли визуально и прикосновением к морковным дискам бактериологической петлей.

### Результаты и обсуждение

В результате проведенного микробиологического анализа почвы, исследовался микробиологический состав почвенных образцов, загрязненных нефтепродуктами.

С образцов СНПЗ были выделены микромицеты, бактерии и актиномицеты (рис. 2).

Выделенные из почвы микромицеты характеризуются бедным видовым составом. В небольших количествах выделены микромицеты из родов:



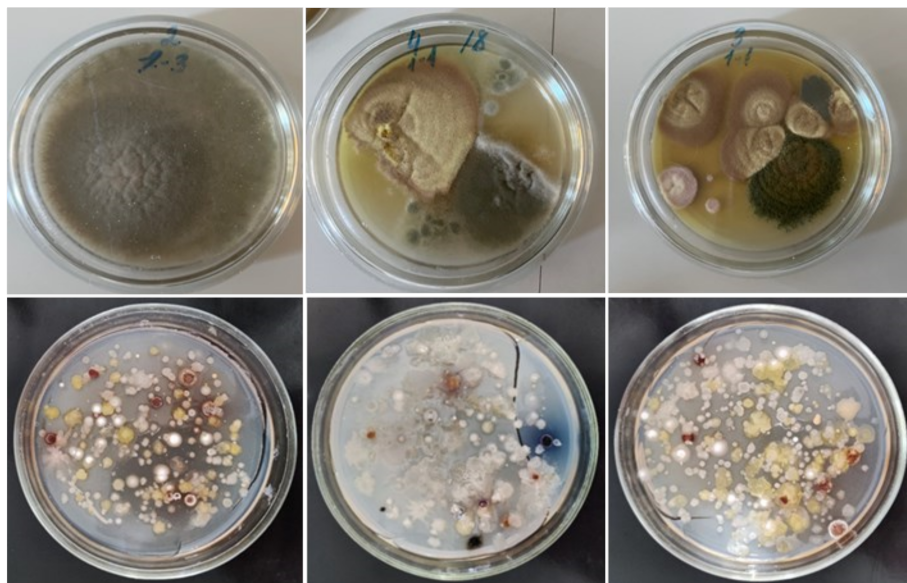


Рисунок 2. Микроорганизмы, выделенные из нефтезагрязненной почвы

– *Aspergillus* – *Aspergillus terreus*, *Aspergillus flavus*;

- *Penicillium* – *Penicillium funiculosum*;
- *Trichoderma* – *Trichoderma lignorum*,
- *Fusarium* – *Fusarium sambucinum*.

Идентифицированы 3 вида бактерий: *Alcaligenes faecalis*, *Acinetobacter lwoffii*, *Pseudomonas sputida*.

Из рода *Actinomyces* были выделены и определены 14 штаммов:

- 8 штаммов – *Actinomyces bovis*,
- 3 штамма – *Actinomyces viscosus*,
- 2 штамма – *Actinomyces israelii*,
- 1 штамм – *Actinomyces odontolyticus*.

Методом накопительных культур углеводородокисляющих микроорганизмов были выделены и определены:

- 3 штамма – *Pseudomonas strutzeri*,
- 6 штаммов – *Acinetobacter ursingii* – свободноживущий в почве *Azotobacter*.

В результате проведенного микробиологического анализа образцов ТНПЗ были выделены в чистую культуру и идентифицированы углеводородокисляющие микроорганизмы – бактерии – нефтедеструкторы:

- 9 штамма из рода *Raoutella*,
- 2 штамма – *Pseudomonas*,
- 3 штамма – *Bacillus*,
- 9 штаммов – *Enterobacter*,
- 1 штамм – *Enterococcus*,
- 1 штамм – *Klebsiella*,
- 1 штамм – *Staphylococcus*,
- 1 штамм – *Aholigenes*.

Всего выделено 24 штамма бактерий, относящихся к 8 родам и 11 видам.

Из 18 выделенных и идентифицированных штаммов, с образцов почв Сейдинского нефтеперерабатывающего завода патогенность проявили 2 штамма - №14 – *Actinomyces odontolyticus* и №61 – *Actinomyces bovis*.

С образцов почв Туркменбашинского нефтеперерабатывающего завода из выделенных 24 штаммов штамм №11 – *Pseudomonas aeruginosa* и №28 – *Klebsiella pneumonia* также явились патогенными.

### Заключение

Таким образом, в Туркменистане впервые проведена исследовательская работа по выявлению и идентификации нефтедеструкторов.

Полученные результаты показывают, что разнообразие выявленных микроорганизмов: *Aspergillus*, *Penicillium*, *Acinetobacter*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Actinomyces* является потенциальным ресурсом для разработки биотехнологий, направленных на защиту окружающей среды, и могут быть использованы для создания новых адаптированных к местным условиям препаратов, утилизирующих нефтепродукты.

### Благодарность

Авторы искренне благодарят сотрудников Центра Общественного здоровья и питания Туркменистана за содействие в научной работе по идентификации микроорганизмов в нефтеотходах.

REFERENCES

1. Kudeyeva A.R. Problema pererabotki i utilizatsii neftyanyh shlamov [The problem of oil sludge processing and utilization]. Sbornik trudov IX zaochnoy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sistema upravleniya ekologicheskoy bezopasnostyu». [Collection of Proceedings of the IX Correspondence International Scientific and Practical Conference "Environmental Safety Management System"]. Ekaterinburg, 30–31 may 2015, 126-134.
2. Murzakov B.G., Bitteyeva M.B., Morshakova G.H. Biotekhnologiya ochildki neftyazagraznykh territoriy [Biotechnology for cleaning oil-contaminated territories]. Обзор информации: «Zasita okruzhayusey sredy, utilizatsiya othodov, ochildka stochnykh vod i vybrasov, promyshlenaya sanitariya i gigiyena v meditsinskoj promyshlennosti: Obzor informatsii» [Environmental protection, waste management, wastewater and emission treatment, industrial sanitation and hygiene in the medical industry: Overview of information]. Moscow, NITISENTI, 3, 1992. 36.
3. Zvaginsev D.G., Guzew W.S., Lewin S.V. i dr. Diagnosticheskiye priznaki razlichnykh urovney zagrazneniya pochvy neftyu [Diagnostic signs of different levels of soil pollution with oil]. *Pochvovedeniye*, 1989, 1, 72-78.
4. Ismailov N.M. Mikrobiologiya i fermentativnaya aktivnost neftyazagraznykh pochv. Vostanovleniye nefzagraznykh pochvenykh ekosistem [Microbiology and fermentative activity of oil-contaminated soils. Restoration of oil-contaminated soil ecosystems]. Pod. red. M.A. Glazovskoy. Moscow, Science Publ., 1988. 42-56.
5. Alekseyev A.Yu., Zabelin V.A., Kus S.A., Pushkarev N.S. Praktika biologicheskoy rekultivatsii [The practice of biological reclamation]. *Neftyanoye hozaystvo*, 2006. 12, 98-99.
6. Akeseev A.Yu. Ne navredi [Do no harm]. *Promyshlennost i ekologiya Severa*, 2011, 5-6 (13-14), 40-47.
7. Buzmakov S.A. Vostanovleniye zemel pri razlichnykh urovnyakh zagrezeniya nefiti [Land restoration at various levels of oil pollution]. *Zapiski Gornogo instituta*, 2013, 128-132.
8. Korshunov T.Yu., Chetverikov S.P., Bakayev M.D., Kuzin Ye.V., Rafikov G.F., Chetverikova D.V., Loginov O.N. Mikroorganizmy v likvidatsii posledstviy neftyanogo zagrazneniya (obzor) [Microorganisms in the Elimination of the Consequences of Oil Pollution (Review)]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2019, 55(4), 338-349.
9. Stetzenbach L.D., Story S.P., Haldeman D.J., et al. Hydrocarbon degrading bacteria isolated from hydrocarbon contaminated Sites at Johnson Atoll. Abstr. 37 Annu. Meet. Ariz. *Nev. Acad. Sci.*, Las Vegas, 1993. 29.
10. Benka-Coker M.O., Ekundayo J. A. Application of evaluating the ability of microbes isolated from an oil spill to degrade oil. *Environ. Monit. and assess.*, 1997. 45.3, pp. 259-272.
11. Brown - Levis R. Oil - degrading microorganisms [Nefterazlagayushchiye mikroorganizmy]. *Chem. Eng. Progr.*, 1987, 10, 35-40
12. Rudenko Ye.O. Bioremediatsiya neftezagraznyayushchikh pochv organicheskimi komponentami othodov pishchevoy (pivovarennoy) promyshlennosti. Diss. dokt. bio. nauk [Bioremediation of oil-contaminated soils with organic components of raw materials (brewing) industry. Dr. bio. sci. diss.]. Samara, 2015. 352.
13. Zolotaryova A.A. Mikrobno-biotekhnogeniy metod ochildki pochv ot nefiti i nefteproduktov [Microbial-biotechnogenic method of soil purification from oil and oil products]. *Natsional'naya assotsiatsiya uchenykh*. 2017, 33(6), 7–8.
14. Buzmakov S.A. Vostanovleniye zemel' pri razlichnykh urovnyakh zagryazneniya nef'tyu [Land restoration at various levels of oil pollution]. *Zapiski Gornogo instituta*, 2013, 128-132.
15. Melnik O.A. Rekultivatsiya zagryaznykh nefteproduktami pochv [Reclamation of oil-contaminated soils]. *Mezhdunarodnyy nauchnyy issledovatel'skiy zhurnal*, 2021, 85-88.
16. Bilay V.I., Koval E.Z. Rost gribov na uglevodorodakh nefiti [Mushroom growth on oil hydrocarbons]. Kiyev, Nauka Publ., 1980. 79-100.
17. Yagofarova G.G., Gamaulina E.M., Barahnina V.B., Yagafarov I.R. i dr. Novyy nefteokislayushchiy mikromitset *Fusarium* spp. [New oil-oxidizing micromycete *Fusarium* spp.]. *Prikladnaya biotekhnologiya i mikrobiologiya*, 2001, 37, 1, 77-79.
18. Rybak V.K., Ovcharova Ye.P., Kovan E.Z. Mikroflora pochvy, zagryaznyonnoy nef'tyu [Microflora of soil contaminated with oil]. *Mikrobiologicheskij zhurnal*, 1984, 46, 4, 29-32.
19. Ismailov N.M., Pivovskiy Yu I. Biodinamika zagryaznyonnoy nef'tyu pochvy [Biodynamics of oiled soil]. *Migratsiya zagryaznyayushchikh veshchestv v pochve i sopredel'nykh sredakh*. Leningrad, 1985, 195-198.
20. Korneykova M.V., Yevdokimova G.A., Lebedeva Ye.V. Kompleksy mikroskopicheskikh gribov v zagryaznykh nefteproduktami agrozemakh na severe Kol'skogo poluoostrova. *Mikrobiologiya i fitopatologiya*, 2011, 45(3), 249-256.
21. Buzolyeva L.S. Adaptatsiya patogennykh bakteriy k abioticheskim faktoram okruzhayushchey sredy. Diss. dokt. bio. nauk [Adaptation of pathogenic bacteria to abiotic environmental factors. Dr. bio. sci. diss.]. Vladivostok, 2001. 293.
22. Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rasteniy [Physiology and biochemistry of cultivated plants]. *Tez. dokl. I Mezhdunarodny region, seminar «Okhrana okruzhayushchey sredy: Sovremennyye isledovaniya po ekologii i mikrobiologii»* [Thesis report I International region, workshop "Environmental Protection: Modern Research in Ecology and Microbiology"]. Uzhgorod, 1997, 5, 84.
23. Kurakov A.V., Il'inskiy V.V., Kotelevtsev S.V., Sadchikov A.P. Bioindikatsiya i reabilitatsiya ekosistem pri nef'tnykh zagryazneniyakh [Bioindication and rehabilitation of ecosystems in case of oil pollution]. Moscow, Grafikon Publ., 2006. 336.
24. Atla R. M., Bartha R. Hydrocarbon biodegradation and oil spill bioremediation [Bioegradatsiya uglevodorodov i bioremediatsiya razlivov nefiti]. *Adv Microb Ecol.*, 1992, 287-338.
25. Seblykin I.I., Biteyeva M.B., Biryukov V.V., Yankevich M.I. Bioremediatsiya zagryaznennoy nef'tyu pochvy pri likvidatsii posledstviy avariya na magistral'nom nefteprovode Lisichansk-Tikhorensk [Bioremediation of oil-contaminated soil during liquidation of the consequences of the accident at the main oil pipeline Lisichansk-Tikhorensk]. *Okhrana okruzhayushchey sredy*, 1995, 19-28.
26. Dakora F.D. Root exudates as mediators of mineral acquisition in lownutrient environments. *Plant and Soil*, 2002, 245, 35-47.
27. Kireyeva N.A. Sposoby uskoreniya biologicheskogo razrusheniya nef'tnykh uglevodorodov v pochve [Ways to accelerate the biological destruction of petroleum hydrocarbons in the soil] *Tezis dokladov nauchnoy konferentsii po programme Universitety Rossii* [Thesis of the scientific conference on the program Universities of Russia]. Ufa, 1995. 61-62.
28. Kireyeva N.A. Aktivizatsiya mikrobiologicheskikh protsessov neftezagryaznyonnykh pochv [Activation of microbiological processes in oil-contaminated soils] *Tezisy doklaov Vserossiyskoy konferentsii «Mikrobiologiya pochv i zemledeliye»* [Abstracts of the All-Russian Conference "Soil Microbiology and Agriculture"]. SPB, 1998, 100- 101.
29. Zvaginsev D.G. Metody pochvenoy mikrobiologii [Soil microbiology methods]. Moscow, MGU Publ., 1980. 223.
30. Litvinov M.A. Metody izucheniya pochvennykh mikroskopicheskikh gribov [Methods for studying soil microscopic fungi] Leningrad, Nauka Publ., 1969. 121.
31. Onishchenko G.G. Metodicheskiye ukazaniya po opredeleniyu chustvitel'nosti mikroorganizmov k antibakterial'nym preparatam [Guidelines for determining the sensitivity of microorganisms to antibacterial drugs]. Moscow, 2004. 32.