

УДК 631.4
AGRIS P01

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/108/36>

ПРОБЛЕМА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА УГЛЕВОДОРОДАМИ НЕФТИ И ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ ИХ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

©*Наджафова С. И.*, ORCID: 0000-0002-8190-4006, SPIN-код: 9930-5447, д-р биол. наук, Институт микробиологии Министерства науки и образования, г. Баку, Азербайджан, nadjafovas@yahoo.com

©*Гасимова А. С.*, ORCID: 0000-0002-3339-0733, SPIN-код: 9934-9398, канд. биол. наук, Институт микробиологии Министерства науки и образования, г. Баку, Азербайджан, gasimovaa@inbox.ru

©*Исмаилов Н. М.*, ORCID: 0000-0003-3438-7648, д-р биол. наук, Институт микробиологии Министерства науки и образования, г. Баку, Азербайджан, ismaylovn@mail.ru

©*Байрам К. Х.*, канд. биол. наук, Институт микробиологии Министерства науки и образования, г. Баку, Азербайджан, konul_74@mail.ru

THE PROBLEM OF POLLUTION OF SOIL COVER WITH OIL HYDROCARBONS AND WAYS TO IMPROVE THEIR ECOLOGICAL STATE

©*Nadjafova S.*, ORCID: 0000-0002-8190-4006, SPIN code: 9930-5447, Dr. habil., Institute of Microbiology of the Ministry of Science and Education, Baku, Azerbaijan, nadjafovas@yahoo.com

©*Gasimova A.*, ORCID: 0000-0002-3339-0733, SPIN-code: 9934-9398, Ph.D., Institute of Microbiology of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan, gasimovaa@inbox.ru

©*Ismaylov N.*, ORCID: 0000-0003-3438-7648, Dr. habil., Institute of Microbiology of the Ministry of Science and Education, Baku, Azerbaijan, ismaylovn@mail.ru

©*Bayram K.*, Ph.D., Institute of Microbiology of the Ministry of Science and Education, Baku, Azerbaijan, konul_74@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению биогенности и самоочищающей способности сероземнолуговых почв Сиазаньского района, загрязненных нефтяными углеводородами и поиску путей оптимизации экологической ситуации. Представлены результаты лабораторного моделирования интенсификации процессов самоочищения путем внесения различных добавок и биопрепарата. Результаты показали, что внесение в загрязненную почву мелиорантов, как отдельно, так и совместно в модельном эксперименте способствовало снижению содержания нефтяных углеводородов в почве на 17–62% по сравнению с контролем и увеличению общей биогенности почв. Эти биотехнологии можно использовать в биоремедиации нефтезагрязненных почв, что позволит снизить экологическую нагрузку на почвенный покров территорий с промышленной ориентацией

Abstract. The article is devoted to the study of biogenesis and self-purification capacity of gray meadow soils of the Siyazan district contaminated with oil hydrocarbons and the search for ways to optimize the environmental situation. The results of laboratory modeling of the intensification of self-purification processes by introducing various additives and biopreparation are presented. The results showed that the introduction of ameliorants into contaminated soil both

separately and together in a model experiment contributed to a decrease in the content of oil hydrocarbons in the soil by 17-62% compared to the control and an increase in the total biogenesity of soils. These biotechnologies can be used in bioremediation of oil-contaminated soils, which will reduce the environmental load on the soil cover of industrially oriented territories.

Ключевые слова: почва, нефтяное загрязнение, микроорганизмы, биотехнологии, самоочищение.

Keywords: soil, oil pollution, microorganisms, biotechnologies, self-purification.

Азербайджан еще со средних веков известен своими нефтяными богатствами, к сожалению, на всех этапах нефтяного бизнеса: разведки, добычи, транспортировки, хранения и переработки нефти происходит процесс загрязнения окружающей среды. Особенно остра проблема загрязнения земель нефтью и нефтепродуктами в местах добычи нефти [1-5].

Одним из таких территорий являются почвы Сиязанского района, которые уже многие десятилетия загрязнены нефтью и нефтепродуктами. Сиязанский район расположен на северо-восточном склоне Большого Кавказа, в Самур-Дивичинской низменности, на берегу Каспийского моря. Загрязненные территории составляют более 10 000 га, из которых 7 400 га составляют сельскохозяйственные угодья. В настоящее время в очистке нефтезагрязненных почв широко используют биотехнологии, основанные на способности микроорганизмов использовать нефть и нефтепродукты. При этом деструкторами может выступать аборигенная микрофлора, сохранившаяся в загрязненной почве, или специально вносимые в виде биопрепарата культуры активных микроорганизмов-деструкторов нефтяных загрязнений [6, 7].

Последний вариант биотехнологии наиболее востребован, и имеются различные биопрепараты, основу которых составляют моно- или ассоциации культур микроорганизмов [8-12].

Проблема биогенности почв, с которой нераздельно связаны такие свойства почв, как плодородие и самоочищение особенно актуальна для территорий с промышленной ориентацией. *Цель работы:* изучение закономерностей изменения почвенной микрофлоры на территории нефтяного месторождения «Сиязаньнефть» в условиях интенсивного антропогенного воздействия и поиска путей оптимизации экологической ситуации.

Объекты и методы

Объект исследования — сероземно-луговые почвы Сиязанского района. Отбор проб почвы выполняли по принципу «конверта» в стерильный пакет [13].

В ходе исследования были определены общая численность микроорганизмов (МО), а также численности углеводородокисляющих (УОМ) и целлюлозаразлагающих микроорганизмов. Общую численность гетеротрофных микроорганизмов определяли на МПА [14].

Численность углеводородокисляющих микроорганизмов определяли на агаризованной среде Раймонда с добавлением в качестве единственного источника углерода и энергии н-гексадекана, целлюлозаразлагающих микроорганизмов – на среде Гетчинсона с добавлением целлюлозного порошка. Дыхание почв определяли по интенсивности продуцирования углекислого газа [15].

Модельный эксперимент проводили в лабораторных условиях: почву инкубировали в вегетационных сосудах с внесением в них в различных модификациях опилки, навоз и

биопрепарат, при поддержании температуры при 22⁰С и поддержании степени влажности на уровне 50-60% от полной полевой влагоемкости

Анализ остаточного содержания нефти в почве проводили гравиметрическим методом в аппарате Сокслета после экстракции смесью растворителя гексан: хлороформ (1:1об.%) [16].

Результаты и их обсуждение

В исследуемых образцах содержание углеводов составляло 24,02 г/кг почвы, и это при том, что фоновый показатель, принятый в Азербайджане составляет 0,1 г углеводов на кг почвы. Результаты показали, что микроорганизмы по-разному реагируют на содержание углеводов в почве, так в исследуемых почвах по сравнению с контролем наблюдается снижение общей численности и повышение численности углеводородокисляющих микроорганизмов (Рисунок).

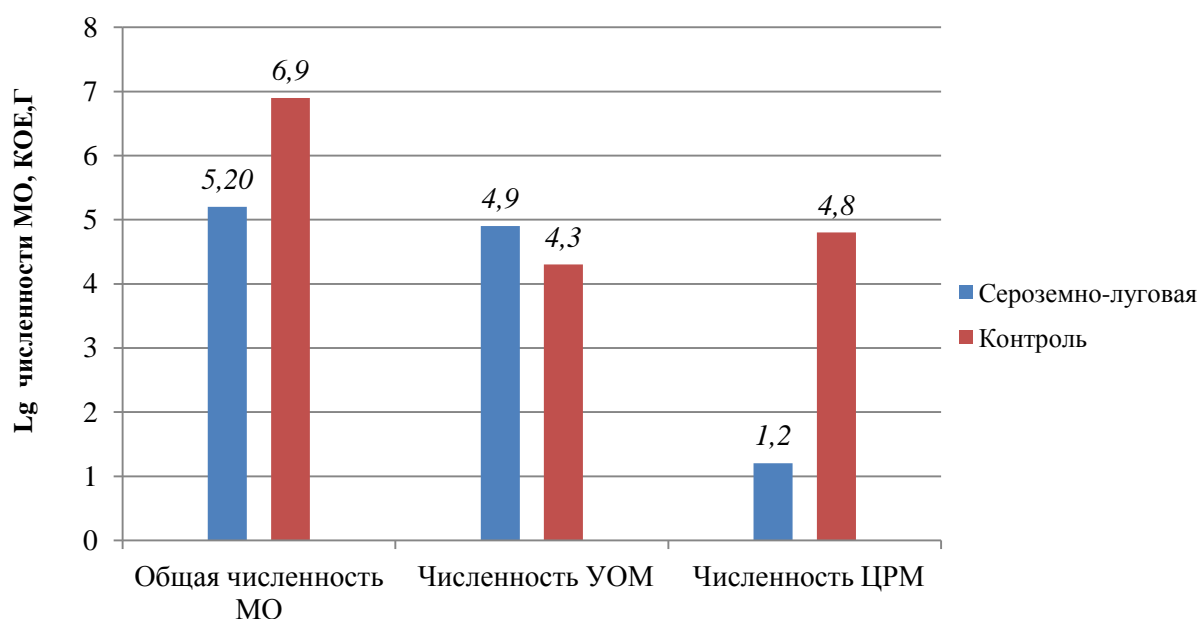


Рисунок. Численность микроорганизмов в нефтезагрязненной сероземно-луговой почве

Наблюдалось почти полное подавление активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов в загрязненных почвах по сравнению с контролем. Причинами снижения численности этой группы микроорганизмов, наряду с загрязнением почв поллютантами является также и низкое содержание растительных остатков по сравнению с чистой почвой. Вероятно, чувствительные к нефти микроорганизмы погибают, в то время как резистентные формы активно развиваются. Все это свидетельствует о негативном воздействии нефтезагрязнения. Для оптимизации экологических функций исследуемой почвы был поставлен модельный эксперимент в 5 вариантах в течение 6 месяцев.

При применении различных добавок и биопрепарата в ходе эксперимента проведено изучение их комплексного влияния на разложение углеводов и биогенность нефтезагрязненных почв. В качестве биодобавок использовали древесные опилки, навоз и биопрепарат «Ферми-старт».

Древесные опилки (размером до 0,2-0,3 мм) использовали для улучшения структуры и физико-химических свойств загрязненной почвы - повышая её пористость и улучшая степень аэрируемости почв можно положительно воздействовать на рост и развитие аэробных нефтеокисляющих микроорганизмов.

Навоз — это органический материал, являющийся источником разнообразных микроорганизмов, способных разлагать самые различные субстраты.

Биопрепарат Фермистарт относится к группе эффективных микроорганизмов, в его состав входят фотосинтезирующие, молочнокислые, азотфиксирующие бактерии, а также консорциум микроорганизмов из группы дрожжевых грибов, и актиномицетов. Минимальное содержание микроорганизмов — 1-108 КОЕ.

Схема опыта:

1. вариант - исследуемая почва
2. вариант - почва +опилки
3. вариант - почва +ферми-старт
4. вариант - почва+ ферми-старт +опилки
5. вариант - почва ++ферми-старт +навоз

Через 6 месяцев во всех вариантах определяли содержание остаточных углеводов, общую численность микроорганизмов и численность нефтеокисляющих и целлюлозаразлагающих микроорганизмов. Результаты представлены в Таблице.

Таблица

ОБЩАЯ ЧИСЛЕННОСТЬ МИКРООРГАНИЗМОВ И СОДЕРЖАНИЕ
 ОСТАТОЧНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ (до и после экспериментов)

Почвы	Численность до эксперимента, КОЕ/г почвы			СОУ, г/кг почвы
	Общая численность	ЦРМ	УОМ	
Контроль	7,9 x 10 ⁶	5,8 x 10 ⁴	1,3 x 10 ⁴	-
Сероземнолуговые	2,2 x 10 ⁵	21	2,0 x 10 ⁵	24,2
Варианты	<i>через 6 месяцев</i>			
1. Исследуемая почва	3,4 x 10 ⁵	22	2,8 x 10 ⁵	23,8
2. Почва +опилки	3,2 x 10 ⁶	2,2 x 10 ²	3,4 x 10 ⁶	20,2
3. Почва +фермистарт	5,1 x 10 ⁷	2,5 x 10 ²	5,7 x 10 ⁶	15,2
4. Почва+фермистарт +опилки	7,2 x 10 ⁸	4,9 x 10 ⁴	7,2 x 10 ⁸	9,3
5. Почва+фермистарт +навоз	1,5 x 10 ⁸	4,2 x 10 ³	1,5 x 10 ⁸	11

Примечание: СОУ - содержание общих углеводов

Результаты показали, что через 6 месяцев во всех вариантах модельного эксперимента увеличивается общая численность гетеротрофных микроорганизмов в почвах (ОЧМ), что свидетельствует о повышении активности микроорганизмов в почве и формировании благоприятных условий для их деятельности. При этом начиная с 3 варианта численность микроорганизмов превышает соответствующий показатель в чистых почвах — в контроле (7,9 x 10⁶ КОЕ/г почвы).

Наилучший результат был зафиксирован в 4 варианте, который можно рассматривать как наиболее эффективный, так как создается возможность комплексного влияния на почву — разлагать углеводороды и повышать биологические функции нефтезагрязненных почв. Внесение биопрепарата в почву с древесными опилками способствовало увеличению численности целлюлозоразлагающих и углеводородокисляющих микроорганизмов, в результате чего снизилось содержание углеводов в почве.

Выводы

Под воздействием нефтяного загрязнения, по сравнению с контролем, в исследуемых почвах снижается ОЧМ микроорганизмов. Наблюдалось также почти полное подавление

активности целлюлозоразлагающих микроорганизмов в загрязненных почвах, на фоне увеличения численности углеводородразлагающих микроорганизмов.

Внесение в загрязненную почву мелиорантов: микробного биопрепарата и растительных отходов как отдельно, так и совместно в модельном эксперименте способствовало увеличению общей биогенности почв, с которой нераздельно связаны такие свойства почв, как плодородие и самоочищение, а также снижению содержания общих углеводов в почве на 17-62% по сравнению с контролем.

Разработанные биотехнологии можно рассматривать как возможность комплексного влияния на почву — активизировать процессы самоочищения нефтезагрязненных почв от углеводов и повышению общей их биогенности, что, в конечном счете улучшит экологическое состояние региона.

Список литературы:

1. Наджафова С. И. Почвенный покров г. Баку и пути восстановления его биологических свойств // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. №67. С. 81-83.
2. Мамедов М. Х. О. Эколого-географическая оценка состояния загрязнённых земель на территории староосвоенных месторождений в Апшеронском экономическом районе Азербайджана // Географический вестник. 2015. №1 (32). С. 61-72.
3. Исмаилов Н. М., Наджафова С. И., Гасымова А. С. Биоэкокластерные комплексы для решения экологических, производственных и социальных проблем (на примере Азербайджана). М.: Инфра-М, 2020. 258 с.
4. Ismailov N. M., Nadjafova S. I. Experience in assessing environmental risks of main oil pipelines in Azerbaijan through the prism of soil biogeoresistance to crude oil pollution // Moscow University Soil Science Bulletin. 2022. V. 77. №3. P. 196-202. <https://doi.org/10.3103/S014768742203005X>
5. Гасымова А. С., Гасанова З. П. Природные факторы, определяющие самоочищающую способность Апшеронского промышленного региона // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства. 2020. С. 401-409.
6. Chernov T. I., Semenov M. V. Management of soil microbial communities: opportunities and prospects (a Review) // Eurasian soil science. 2021. V. 54. P. 1888-1902. <https://doi.org/10.1134/S1064229321120024>
7. Трофимов С. Я., Ковалева Е. И., Аветов Н. А., Толпешта И. И. Исследования нефтезагрязненных почв и перспективные подходы к их ремедиации // Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2023. №4. С. 83-93. <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-4-83-93>
8. Babaev M. P., Nadzhafova S. I., Ibragimov A. G. Application of activated sludge to purify urban soils of Baku city from oil contamination // Eurasian soil science. 2015. V. 48. №7. P. 773-779. <https://doi.org/10.1134/S1064229315070029>
9. Гасымова А. С., Ализаде А., Исмаилов Н. М. К вопросу разработки биотехнологий для очистки водоемов Апшеронского полуострова от загрязнений тяжелыми металлами // Труды Института геологии Дагестанского научного центра РАН. 2016. №67. С. 87-89.
10. Гасымова А. С., Кейсерухская Ф. Ш., Наджафова С. И., Исмаилов Н. М. Биогенные ресурсы ассимиляционного потенциала нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2019. №4. С. 7-16. <https://doi.org/10.18384/2310-7189-2019-4-7-16>

11. Babaev M. P., Ismailov N. M., Nadzhafova S. I., Keiserukhskaya F. S., Orudzheva N. I. Approaches to determining maximum permissible concentrations of oil and oil products for different soil types on the basis of the assimilation potential (by the example of Azerbaijan soils) // *Eurasian Soil Science*. 2020. V. 53. P. 1629-1634. <https://doi.org/10.1134/S1064229320110046>
12. Есенаманова М. С., Есенаманова Ж. С., Абуова А. Е., Рыскалиева Д. К., Бектемиров Д. С., & Рысжан, А. Е. Обезвреживание нефтезагрязненных почв биопрепаратами // *Современные проблемы науки и образования*. 2016. №6. С. 511-511.
13. ГОСТ Р 58595-2019. Почвы. Отбор проб. Национальный стандарт Российской Федерации. М.: Стэндинформ, 2019. 8 с.
14. Звягинцев Д. Г., Гузев В. С., Левин С. В., Селецкий Г. И., Оборин А. А. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью // *Почвоведение*. 1989. Т. 1. С. 72-78.
15. Федорец Н. Г., Медведева М. В. Методика исследования почв. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2009. 84 с.
16. Другов Ю. С., Родин А. А. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов. М.: Бином, 2007. 263 с.

References:

1. Nadzhafova, S. I. (2016). Pochvennyi pokrov g. Baku i puti vosstanovleniya ego biologicheskikh svoist. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN*, (67), 81-83. (in Russian).
2. Mamedov, M. Kh. O. (2015). Ekologo-geograficheskaya otsenka sostoyaniya zagryaznennykh zemel' na territorii staroosvoennykh mestorozhdenii v Apsheronском экономическом районе Azerbaidzhana. *Geograficheskii vestnik*, (1 (32)), 61-72. (in Russian).
3. Ismailov, N. M., Nadzhafova, S. I., & Gasymova, A. S. (2020). Bioekoklasternye komplekсы dlya resheniya ekologicheskikh, proizvodstvennykh i sotsial'nykh problem (na primere Azerbaidzhana). Moscow. (in Russian).
4. Ismailov, N. M., & Nadjafova, S. I. (2022). Experience in assessing environmental risks of main oil pipelines in Azerbaijan through the prism of soil biogeoresistance to crude oil pollution. *Moscow University Soil Science Bulletin*, 77(3), 196-202. <https://doi.org/10.3103/S014768742203005X>
5. Gasymova, A. S., & Gasanova, Z. P. (2020). Prirodnye faktory, opredelyayushchie samoochishchayushchuyu sposobnost' Apsheronского promyshlennogo regiona. In *Aktual'nye problemy zemleustroistva, kadastra i prirodoobustroistva* (pp. 401-409). (in Russian).
6. Chernov, T. I., & Semenov, M. V. (2021). Management of soil microbial communities: opportunities and prospects (a Review). *Eurasian soil science*, 54, 1888-1902. <https://doi.org/10.1134/S1064229321120024>
7. Trofimov, S. Ya., Kovaleva, E. I., Avetov, N. A., & Tolpeshta, I. I. (2023). Issledovaniya neftezagryaznennykh pochv i perspektivnye podkhody k ikh remediatsii. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 17. Pochvovedenie*, (4), 83-93. (in Russian). <https://doi.org/10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-4-83-93>
8. Babaev, M. P., Nadzhafova, S. I., & Ibragimov, A. G. (2015). Application of activated sludge to purify urban soils of Baku city from oil contamination. *Eurasian soil science*, 48(7), 773-779. <https://doi.org/10.1134/S1064229315070029>
9. Gasymova, A. S., Alizade, A., & Ismailov, N. M. (2016). K voprosu razrabotki biotekhnologii dlya ochistki vodoemov Apsheronского poluostrova ot zagryaznenii tyazhelymi

metallami. *Trudy Instituta geologii Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN*, (67), 87-89. (in Russian).

10. Gasymova, A. S., Keiserukhsкая, F. Sh., Nadzhafova, S. I., & Ismailov, N. M. (2019). Biogennye resursy assimilyatsionnogo potentsiala neftezagryaznennykh pochv Apsheronskogo poluoostrova. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki*, (4), 7-16. (in Russian). <https://doi.org/10.18384/2310-7189-2019-4-7-16>

11. Babaev, M. P., Ismailov, N. M., Nadzhafova, S. I., Keiserukhsкая, F. S., & Orudzheva, N. I. (2020). Approaches to determining maximum permissible concentrations of oil and oil products for different soil types on the basis of the assimilation potential (by the example of Azerbaijan soils). *Eurasian Soil Science*, 53, 1629-1634. <https://doi.org/10.1134/S1064229320110046>

12. Esenamanova, M. S., Esenamanova, Zh. S., Abuova, A. E., Ryskalieva, D. K., Bektemirov, D. S., & Ryszhan, A. E. (2016). Obezvrezhivanie neftezagryaznennykh pochv biopreparatami. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*, (6), 511-511. (in Russian).

13. GOST R 58595-2019. Pochvy. Otkhod prob. Natsional'nyi standart Rossiiskoi Federatsii (2019). Moscow. (in Russian).

14. Zvyagintsev, D. G., Guzev, V. S., Levin, S. V., Seletskii, G. I., & Oborin, A. A. (1989). Diagnosticheskie priznaki razlichnykh urovnei zagryazneniya pochvy nef'tyu. *Pochvovedenie*, 1, 72-78. (in Russian).

15. Fedorets, N. G., & Medvedeva, M. V. (2009). Metodika issledovaniya pochv. Petrozavodsk. (in Russian).

16. Drugov, Yu. S., & Rodin, A. A. (2007). Analiz zagryaznennoi pochvy i opasnykh otkhodov. Moscow. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 16.10.2024 г.

Принята к публикации
22.10.2024 г.

Ссылка для цитирования:

Наджафова С. И., Гасимова А. С., Исмаилов Н. М., Байрам К. Х. Проблема загрязнения почвенного покрова углеводородами нефти и пути улучшения их экологического состояния // Бюллетень науки и практики. 2024. Т. 10. №11. С. 289-295. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/108/36>

Cite as (APA):

Nadjafova, S., Gasimova, A., Ismaylov, N. & Bayram, K. (2024). The Problem of Pollution of Soil Cover with Oil Hydrocarbons and Ways to Improve their Ecological State. *Bulletin of Science and Practice*, 10(11), 289-295. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/108/36>