

УДК 502.63: 581.9: 633.313  
AGRIS F40

https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/05

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ *Medicago L.* В БИОРЕМЕДИАЦИИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ СЕРО-БУРЫХ ПОЧВ АПСХЕРОНСКОГО ПОЛУОСТРОВА

©**Наджафова С. И.**, ORCID: 0000-0002-8190-4006, SPIN-код: 9930-5447, д-р биол. наук, Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан, [nadjafovas@yahoo.com](mailto:nadjafovas@yahoo.com)  
©**Гулиева Л. А.**, ORCID: 0009-0004-6935-9297, Бакинский государственный университет, г. Баку, Азербайджан, [lemanezizli2016@gmail.com](mailto:lemanezizli2016@gmail.com)

## EFFECTIVENESS OF USING *Medicago L.* SPECIES IN BIOREMEDIATION TECHNOLOGIES FOR OIL-CONTAMINATED GRAY-BROWN SOILS OF THE ABSHERON PENINSULA

©**Nadjafova S.**, ORCID: 0000-0002-8190-4006, SPIN-code: 9930-5447, Dr. habil., Baku State University, Baku, Azerbaijan, [nadjafovas@yahoo.com](mailto:nadjafovas@yahoo.com)  
©**Guliyeva L.**, ORCID: 0009-0004-6935-9297, Baku State University, Baku, Azerbaijan, [lemanezizli2016@gmail.com](mailto:lemanezizli2016@gmail.com)

**Аннотация.** Рассмотрена возможность использования *Medicago L.* в процессе фиторемедиации нефтезагрязненных серо-бурых почв Апшеронского полуострова. Выявлено, что численность гетеротрофных микроорганизмов в ризосфере и ризоплане растений, а также численность микроорганизмов физиологических групп растущих на загрязненной почве была значительно выше, чем в незагрязненной почве, благодаря активности которых процесс самоочищения нефтезагрязненных почв от углеводородов ускоряется. Содержание общих углеводородов в зоне ризосферы люцерны составляло всего 1,5 г/100 г почвы, при содержании углеводородов в почве 7,9 г/100 г почвы, что подтверждают эффективность использования *Medicago L.* в процессах очистки и восстановления нефтезагрязненных почв.

**Abstract.** The potential use of *Medicago L.* in the phytoremediation of oil-contaminated gray-brown soils on the Absheron Peninsula is explored. The number of heterotrophic microorganisms in the rhizosphere and rhizoplane of plants, as well as the number of microorganisms of physiological groups growing in contaminated soil, was significantly higher than in uncontaminated soil. Their activity accelerates the self-purification of hydrocarbons from oil-contaminated soils. The total hydrocarbon content in the alfalfa rhizosphere was only 1.5 g/100 g of soil, compared to 7.9 g/100 g of soil, confirming the effectiveness of *Medicago L.* in the cleanup and restoration of oil-contaminated soils.

**Ключевые слова:** почвы; нефть; загрязнение; растения; микроорганизмы; самоочищение; устойчивое развитие.

**Keywords:** soils; oil; pollution; plants; microorganisms; self-purification; sustainable development.

Загрязнение ландшафтов нефтью и нефтепродуктами представляет серьезный риск как для здоровья человека, так и для самой природной среды [4].

Фиторемедиация или зеленая биоремедиация – это современная технология, имеющая большие перспективы для решения проблем с ксенобиотиками, отходами. Фиторемедиация представляет собой биологическую очистку с использованием растений [7, 9, 14.].

В основе этой технологии лежит ризосферный эффект, который и усиливает деградацию загрязнителя в ризосфере в результате увеличения плотности и активности микробных популяций. Растения и микроорганизмы способны разрушать поллютанты независимо друг от друга, однако первостепенное значение для биodeградации устойчивых соединений в ризосфере отводится мутуалистическим растительно-микробным взаимоотношениям [1, 10].

Апшеронский промышленный регион характеризуется крайне неблагоприятными экологическими показателями [3].

Хотя, в настоящее время на территории Апшеронского промышленного региона проводятся мероприятия по реабилитации нефтезагрязненных участков. Однако, даже после очистки от основной части техногенных углеводородов биологические и агрохимические свойства почв остаются нарушенными – высокая гидрофобность (в силу своей гидрофобности такие почвы характеризуются плохой смачиваемостью), слабая аэрация, слабый азотный, фосфорный и углеводный обмен, почти полное отсутствие почвенной флоры и фауны, сильное снижение активности почвенных ферментов. В связи с этим с одной стороны биологическая продуктивность почвы снижена до минимума, с другой - эти земли отрицательно влияют на экологию окружающей среды. Если принять во внимание, что согласно данным около 14500 га в данном регионе загрязнены нефтью, изучение растительных сообществ, наиболее приспособленных для функционирования в условиях загрязнения почв региона углеводородами и выбор наиболее эффективных из них для разработки технологий фиторемедиации представляет особый интерес. Исследования в этом направлении представляют особую научную значимость для природно-климатической зоны Апшеронского п-ова, характеризующегося определенными климатическими факторами и соответствующими для них сообществами высших растений, приспособленных к этим почвенно-климатическим условиям. Целью исследований является выявление роли *Medicago* L. в процессах самоочищения нефте загрязненных серо-бурых почвах Апшеронского полуострова.

#### *Материал и методы исследования*

Объект исследований — серобурые загрязненные нефтью почвы Апшеронского полуострова. Отбор почвенных образцов проводили методом «конверта», с горизонтов 0-20 см [5].

Микробиологические исследования, в том числе микробиологический анализ образцов ризосферы растений проводили по стандартным методикам [3, 8].

Анализ содержания нефти в почве проводили гравиметрическим методом в аппарате Сокслета после экстракцией смесью гексан: хлороформ (1:1об.%) по Лурье [6].

Оценку устойчивости люцерны к загрязнению нефтью для дальнейшего использования ее в фиторемедиации проводили в соответствии с международным стандартом ISO 11269-2 [12].

Все лабораторные эксперименты проводили в трех повторностях. Статическая обработка результатов производилась с применением программ Statistica V6.0 для Windows, Excel-2003.

#### *Результаты и обсуждение*

Проведенные нами исследования (мониторинг) растительных сообществ на территориях расположения НГДУ показал, что в составе растительных ассоциаций, растущих на техногенно загрязненных почвах произрастает люцерна. В составе растительных сообществ в

этих почвах она составляет около 0,5-1,2%. Принимая во внимание роль растений в ассимиляционном потенциале ландшафтов были проведены детальные исследования с целью выявить потенциальное значение этого вида в процессах самоочищения нефтезагрязненных серо-бурых почв [3, 11].

*Medicago L.* (люцерна) — многолетнее бобовое растение, в посевах она долговечна, способна произрастать в степной зоне 3-4 года, в лесостепной — 5-6 лет. Стебель травянистый, сильно ветвится, Корень стержневой с хорошо развитыми боковыми корнями, благодаря которым люцерну относят к засухоустойчивым растениям, характеризуются и солеустойчивостью. Мощная корневая система позволяет люцерне накапливать в почве большое количество корневых остатков, они служат основным источником органической массы для образования гумуса. Микробиологический анализ образцов почвы представлен в Таблице 1.

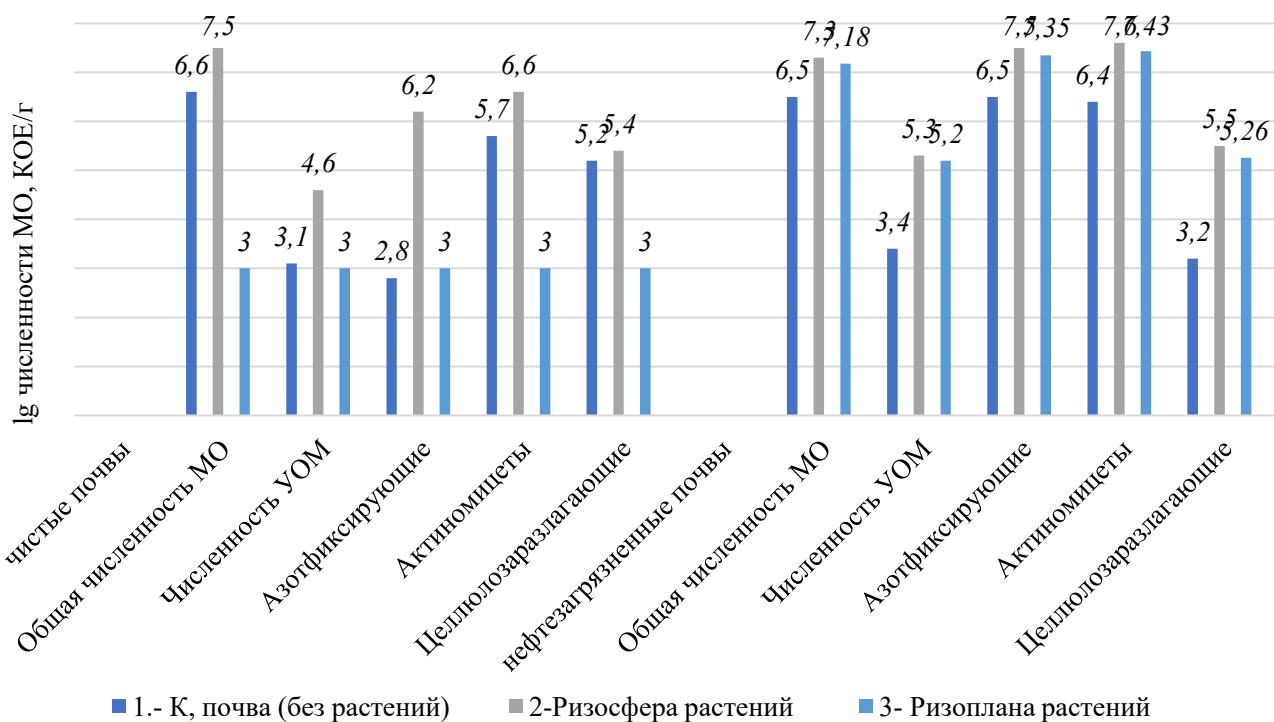


Рисунок. Влияние загрязнения почвы нефтью на изменение общей численности гетеротрофных почвенных микроорганизмов

Результаты показали, что общая численность гетеротрофных микроорганизмов в ризосфере и ризоплане растений люцерны, а также численность микроорганизмов некоторых физиологических групп растущих на техногенно загрязненной почве была значительно выше, чем в незагрязненной почве, что свидетельствует о создании более благоприятных условиях для микроорганизмов. Влияние растений люцерны выразилось в том, что плотность практически всех анализируемых групп микроорганизмов в ризосфере превышала численность соответствующих микробных популяций в почве без растений, что подтверждало наличие «ризосферного эффекта». Таким образом, этот вид растений стимулировал общую функциональную активность микрофлоры почвы. Как правило, растения, способные расти на нефтезагрязненных почвах, используют нефтяные углеводороды в качестве дополнительного источника питания и энергии, способствуют улучшению воздушного режима почв и обогащению ее соединениями, в итоге увеличивается численность микроорганизмов и скорость разложения нефти и нефтепродуктов [1, 13].

Это положение подтверждается результатами анализов содержания общих углеводов в почве без растений и зоне распространения растений люцерны (табл.1). Как видно, содержание общих углеводов в зоне ризосферы люцерны составляла всего 1,5г/100г почвы, в то время как в непосредственной близости от растений, на расстоянии не более 20-30см количество общих углеводов составляло уже порядка 7,9 г / 100 г почвы.

Таблица 1

СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ В СЕРО-БУРОЙ ПОЧВЕ (г/100 г почвы)

Вариант	Незагрязненная почва (фон)	Загрязненная почва
Контроль	0,1	7,9
С люцерной	0,07	1,5

Результаты исследований показали, что степень прорастаемости семян люцерны находится в прямой зависимости от степени загрязнения почвы (Таблица 2).

Таблица 2

ПОКАЗАТЕЛИ ВСХОЖЕСТИ СЕМЯН И БИОМАССЫ

Степень загрязнения, %	Всхожесть семян, %	Биомасса побегов, г
Контроль	99 ± 1	15.2 ± 0.2
0.5	89 ± 2	14.6 ± 0.6
1,0	77 ± 2	11.3 ± 0.1
5.0	47 ± 3	7.2 ± 0.5
10.0	30 ± 2	5.3 ± 0.3

Наибольшая прорастаемость семян обнаружено до 1% степени загрязнения почв сырой нефтью. Повышение содержания в почве углеводов выше 1% оказывало угнетающее воздействие на прорастание семян, что свидетельствует о высокой степени чувствительности зерен люцерны к нефтяному загрязнению.

*Вывод*

Люцерну возможно отнести к категории рудеральных растений, активно заселяющих серо-бурую почву после того, как остаточное содержание нефтяных углеводов в почве достигает показателя резистентности этого вида к данному поллютанту. Именно толерантностью этого растения к определенной концентрации в серо-бурых почвах нефтяных углеводов можно объяснить мозаичный характер растительного покрова на территориях расположения нефтегазодобывающих предприятий на Апшеронском полуострове. Если принять во внимание неблагоприятные условия среды обитания этого вида (щелочная реакция почв, слабый окислительно-восстановительный потенциал, засоленность, неблагоприятный гидротермический режим и др.) роль этого растения как пионера-заселителя несомненно высока. Благодаря активности микроорганизмов, функционирующих в ризосферной и ризоплановой среде обитания люцерны процесс самоочищения техногенно загрязненных почв от углеводов ускоряется. Это подтверждается результатами анализов содержания общих углеводов в почве без растений и в зоне распространения этих растений. Содержание общих углеводов в зоне ризосферы люцерны составляло всего 1,5 г/100 г почвы, в то время как в непосредственной близости от растений, в почвах без растений (контроль) – количество общих углеводов составляло 7,9 г/100 г почвы. Эти данные подтверждают возможность и эффективность использования *Medicago L.* (люцерны) в процессах очистки и восстановления нефтезагрязненных почв для перспективного управления ландшафтами в рамках концепции «Устойчивого развития».

Список литературы:

1. Гасанова З. П., Багирова Ч. З., Наджафова С. И. Возможность использования растения *Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl. в фиторемедиации нефтезагрязненных почв Азербайджана // Актуальные проблемы землеустройства, кадастра и природообустройства: Материалы III международной научно-практической конференции. Воронеж, 2021. С. 343-348.
2. Звягинцев Д. Г., Добровольская Т. Г., Лысак Л. В. Растения как центры формирования бактериальных сообществ // Журнал общей биологии. 1993. Т. 54. №2. С. 184-201.
3. Исмаилов Н. М., Наджафова С. И., Гасимова А. Апшеронский промышленный регион-факторы экологической напряженности // Аридные экосистемы. 2015. Т. 21. №3(64). С. 92-100.
4. Исмаилов Н. М., Наджафова С. И. Устойчивость ландшафтов Азербайджана вдоль экспортных трубопроводов (ЗМЭТ и СМЭТ) к загрязнению сырой нефтью. М.: ИНФРА-М, 2017. 154 с.
5. Казеев К. Ш., Колесников С. И., Вальков В. Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 2003. 202 с.
6. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод. М.: Химия, 1984.
7. Назаров А. В., Иларионов С. А. Потенциал использования микробно-растительного взаимодействия для биоремедиации // Биотехнология. 2005. №5. С. 58-62.
8. Нетрусова А. И. Практикум по микробиологии. М.: Академия, 2005. 608 с.
9. Турковская О. В., Муратова А. Ю. Биодegradация органических поллютантов в корневой зоне растений // Молекулярные основы взаимоотношений ассоциированных микроорганизмов с растениями. М.: Наука, 2005. С. 180-208.
10. Федоренчик А. А., Алещенкова З. М., Ананьева И. Н. Растительно-микробная ассоциация для фиторемедиации загрязнённой нефтепродуктами почвы // Актуальные проблемы экологии: Сборник научных статей, посвящённый 60-летию факультета биологии и экологии, Гродно, 2024. С. 36-37
11. Шапошников А. И., Белимов А. А., Азарова Т. С., Струнникова О. К., Вишневецкая Н. А., Воробьев Н. И., Юзихин О. С., Беспалова Л. А., Тихонович И. А. Взаимосвязь состава корневых экссудатов и эффективности взаимодействия растений пшеницы с микроорганизмами // Прикладная биохимия и микробиология. 2023. Т. 59. №3. С. 260–274. <https://doi.org/10.31857/S0555109923030170>
12. ISO 11269-2:2012 (Soil quality — Determination of the effects of pollutants on soil flora Part 2: Effects of chemicals on the emergence and growth of higher plants).
13. Kechavarzi C., Pettersson K., Leeds-Harrison P., Ritchie L., Ledin S. Root establishment of perennial ryegrass (*L. perenne*) in diesel contaminated subsurface soil layers // Environmental pollution. 2007. V. 145. №1. P. 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.03.039>
14. Nero B. F. Phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils with two plant species: *Jatropha curcas* and *Vetiveria zizanioides* at Ghana Manganese Company Ltd // International Journal of Phytoremediation. 2021. V. 23. №2. P. 171-180. <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1803204>

References:

1. Gasanova, Z. P., Bagirova, Ch. Z., & Nadzhafova, S. I. (2021). Vozmozhnost' ispol'zovaniya rasteniya *Aeluropus littoralis* (Gouan) Parl. v fitoremediatsii neftezagryaznennykh pochv Azerbaidzhana. In *Aktual'nye problemy zemleustroistva, kadastra i prirodobustroistva: Materialy III mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Voronezh*, 343-348. (in Russian).
2. Zvyagintsev, D. G., Dobvol'skaya, T. G., & Lysak, L. V. (1993). Rasteniya kak tsentry formirovaniya bakterial'nykh soobshchestv. *Zhurnal obshchei biologii*, 54(2), 184-201. (in Russian).

3. Ismailov, N. M., Nadzhafova, S. I., & Gasymova, A. (2015). Apsheronskii promyshlennyi region-factory ekologicheskoi napryazhennosti. *Aridnye ekosistemy*, 21(3 (64)), 92-100. (in Russian).
4. Ismailov, N. M., & Nadzhafova, S. I. (2017). Ustoichivost' landshaftov Azerbaidzhana vdol' eksportnykh truboprovodov (ZMET i SMET) k zagryazneniyu syroi neft'yu. Moscow. (in Russian).
5. Kazeev, K. Sh., Kolesnikov, S. I., & Val'kov, V. F. (2003). Biologicheskaya diagnostika i indikatsiya pochv: metodologiya i metody issledovaniy. Rostov-on-Don. (in Russian).
6. Lur'e, Yu. Yu. (1984). Analiticheskaya khimiya promyshlennykh stochnykh vod. Moscow .
7. Nazarov, A. V., & Ilarionov, S. A. (2005). Potentsial ispol'zovaniya mikrobnno-rastitel'nogo vzaimodeistviya dlya bioremediatsii. *Biotekhnologiya*, (5), 58-62. (in Russian).
8. Netrusova, A. I. (2005). Praktikum po mikrobiologii. Moscow. (in Russian).
9. Turkovskaya, O. V., & Muratova, A. Yu. (2005). Biodegradatsiya organicheskikh pollyutantov v kornevoi zone rastenii. In *Molekulyarnye osnovy vzaimootnoshenii assotsirovannykh mikroorganizmov s rasteniyami*, Moscow, 180 -208. (in Russian).
10. Fedorenchik, A. A., Aleshchenkova, Z. M., & Anan'eva, I. N. (2024). Rastitel'no-mikrobnaya assotsiatsiya dlya fitoremediatsii zagryaznennoi nefteproduktami pochvy. In *Aktual'nye problemy ekologii: Sbornik nauchnykh statei, posvyashchennyi 60-letiyu fakul'teta biologii i ekologii, Grodno*, 36-37. (in Russian).
11. Shaposhnikov, A. I., Belimov, A. A., Azarova, T. S., Strunnikova, O. K., Vishnevskaya, N. A., Vorob'ev, N. I., Yuzikhin, O. S., Bupalova, L. A., & Tikhonovich, I. A. (2023). Vzaimosvyaz' sostava kornevykh eksudatov i effektivnosti vzaimodeistviya rastenii pshenitsy s mikroorganizmami. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 59(3), 260–274. <https://doi.org/10.31857/S0555109923030170>
12. ISO 11269-2:2012 (Soil quality — Determination of the effects of pollutants on soil flora Part 2: Effects of chemicals on the emergence and growth of higher plants).
13. Kechavarzi, C., Pettersson, K., Leeds-Harrison, P., Ritchie, L., & Ledin, S. (2007). Root establishment of perennial ryegrass (*L. perenne*) in diesel contaminated subsurface soil layers. *Environmental pollution*, 145(1), 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.03.039>
14. Nero, B. F. (2021). Phytoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils with two plant species: *Jatropha curcas* and *Vetiveria zizanioides* at Ghana Manganese Company Ltd. *International Journal of Phytoremediation*, 23(2), 171-180. <https://doi.org/10.1080/15226514.2020.1803204>

Поступила в редакцию  
05.02.2026 г.

Принята к публикации  
15.02.2026 г.

Ссылка для цитирования:

Наджафова С. И., Гулиева Л. А. Эффективность использования *Medicago L.* в биоремедиации нефтезагрязненных серо-бурых почв Апшеронского полуострова // Бюллетень науки и практики. 2026. Т. 12. №4. С. 40-45. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/05>

Cite as (APA):

Nadjafova, S., & Guliyeva, L. (2026). Effectiveness of Using *Medicago L.* Species in Bioremediation Technologies for Oil-Contaminated Gray-Brown Soils of the Absheron Peninsula. *Bulletin of Science and Practice*, 12(4), 40-45. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/125/05>