

УДК 504.062.2: 665.7.033.2:579.8:051.231  
AGRIS P01

https://doi.org/10.33619/2414-2948/68/04

## ОЧИСТКА НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ В КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АЗЕРБАЙДЖАНА

©Султанова Г. Д., Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан

©Абдуллаева М. Я., Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, г. Баку, Азербайджан, [mayuabdullayeva@hotmail.com](mailto:mayuabdullayeva@hotmail.com)

## TREATMENT METHOD OF THE SOIL, POLLUTED BY OIL AND OIL PRODUCTS IN CLIMATIC CONDITIONS of AZERBAIJAN

©Sultanova G., Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan

©Abdullayeva M., Azerbaijan State University of Oil and Industry, Baku, Azerbaijan

*Аннотация.* В данной работе для восстановления загрязненных почв с использованием микроорганизмов были испытаны две биотехнологические технологии. Одна технология с активизацией естественной микрофлоры и технология требующая внесения нефтеокисляющих микроорганизмов в виде биопрепарата. При использовании биологических методов очистки почв от нефтяных загрязнений в комплексе с агротехническими приемами активизировалась естественная микрофлора нефтезагрязненных почв. Внесение биопрепарата в этих условиях позволяет повысить интенсивность очистки почв от нефтяных загрязнений, в результате срок очистки по сравнению с естественной микрофлорой сокращается на 3–4 месяца. Следует отметить, что очистка нефтезагрязненных почв с использованием микроорганизмов в аридных почвенно-климатических условиях наиболее эффективно протекает в весенний период и до середины лета. В летний период из-за высоких температур активность микроорганизмов снижается. Микроорганизмы вновь активизируются в осенний период. В этот период активность микроорганизмов выше чем в весенний период и связано это с, тем, что до летнего периода численность микроорганизмов увеличивается и после некоторого снижения активности вновь продолжается интенсивная биодеструкция нефтяного загрязнения.

*Abstract.* In this work, two biotechnological technologies were tested to restore contaminated soils using microorganisms. One technology with the activation of natural microflora and a technology that requires the introduction of oil-oxidizing microorganisms in the form of a biological product. When using biological methods of cleaning soil from oil pollution in combination with agrotechnical methods, the natural microflora of oil-polluted soils was activated. The introduction of a biological product under these conditions makes it possible to increase the intensity of soil cleaning from oil pollution as a result of the cleaning time in comparison with the natural microflora, it can be reduced by 3–4 months. It should be noted that the methods of cleaning oil-contaminated soils using microorganisms in arid soil-climatic conditions are most effective in the spring and until mid-summer. In the summer, due to high temperatures, the activity of microorganisms decreases. Microorganisms become active again in the autumn. During this period, the activity of microorganisms is higher than in the spring period and this is due to the fact that before the summer period the number of microorganisms increases and after a slight decrease in activity, intensive biodegradation of oil pollution continues again.

*Ключевые слова:* нефтезагрязненные почвы, микроорганизмы, активность, биодеструкция нефтяного загрязнения.

*Keywords:* oil contaminated soils, microorganisms, activity, biodegradation of oil pollution.

В настоящее время в результате антропогенной деятельности происходит широкомасштабное загрязнение окружающей среды вредными веществами. Нефть и нефтепродукты являются одним из основных загрязнителей окружающей среды. Особую нагрузку при этом испытывает почва, ухудшаются ее морфологические и физико-химические свойства, происходит угнетение самоочищающей способности, возникают негативные изменения развития и функциональной активности организмов почвенного биоценоза. Ограниченность земельных ресурсов ставит неотложную задачу возврата в хозяйственное использование всех нарушенных и деградированных почв.

Для ускорения процесса самоочищения почв от нефти используются все природные резервы экосистемы, в том числе и биологические. Микробиологические методы очистки почв способны дополнять различные технологии, а в определенных ситуациях не имеют аналогов [1].

Потребность в цивилизованных технологиях уничтожения последствий нефтяного загрязнения наземных экосистем трудно переоценить. Применение физико-химических методов ремедиации (сжигание, экскавация пластов почвы с дальнейшим складированием, механическая изоляция, высокотемпературная экстракция, промывание, обработка электрическим током, экстракция растворителями, окислительно-восстановительные реакции) достигло своих пределов, и все большее значение приобретают способы биоремедиации нефтезагрязненных земель как экологически безопасные и относительно недорогие [2–5].

Существующие приемы биорекультивации почв в основном направлены на устранение конкретного загрязнителя и малоэффективны при одновременном загрязнении почвы органическими и неорганическими поллютантами [6].

В регионах с умеренным и холодным климатом актуальны приемы рекультивации с использованием функционально-направленных технологий, предусматривающих эффективное стимулирование окисления углеводородов природными нефтеокисляющими микроорганизмами. Оптимальное сочетание агротехнических мероприятий позволяет снизить уровень загрязнения, как правило, на 30–40% в основном за счет легкодеградируемых компонентов нефти. При этом высокомолекулярные углеводородные компоненты, а также тяжелые металлы, содержание которых в нефти может достигать 1 г/кг [7], не разрушаются в течение ряда лет.

Тяжелые углеводороды прочно соединяются с почвенными частицами, образуя гидрофобные пленки, и почвы становятся малодоступными для микроорганизмов. С целью повышения биодоступности углеводородов используют поверхностно-активные вещества, которые способствуют десорбции и солубилизации нефтяных компонентов. Однако повсеместно применяемые в промышленности синтетические сурфактанты — это экологически опасные вещества с высокой степенью токсичности, которые активно аккумулируются в почвенных биоценозах. В связи с этим перспективным является использование сурфактантов бактериального происхождения, обладающих низкой токсичностью, устойчивой активностью в экстремальных условиях.

В работе дана оценка возможности использования *Rhodococcus* — биосурфактантов для биоремедиации почв, загрязненных углеводородами [8].

Показано, что внесение *Rhodococcus*-биосурфактантов в модельную почву приводит к снижению уровня загрязнения сырой нефтью на 76%, модельной смесью углеводородов на 39%, ПАУ на 75%.

Наиболее тяжелые и опасные последствия возникают при аварийном фонтанировании скважин, прорыве нефтепроводов, нарушении герметичности транспортных средств и нефтехранилищ. Это приводит к возникновению экологически опасных ситуаций, вызывающих разрушение почвенного покрова, загрязнение атмосферы, проникновению нефти в водоемы, и в конечном счете, к отрицательному воздействию на здоровье человека [9–14].

### *Экспериментальная часть*

В комплексной научно-исследовательской лаборатории была разработана биотехнология очистке нефтезагрязненных почв, в которой учитывались почвенно-климатические условия региона, характеризующиеся незначительным содержанием гумуса, малой мощностью перегнойного горизонта, высокими температурами и недостатком влаги в летние месяцы. Указанная технология позволяет осуществлять очистку почв от нефти и нефтепродуктов при концентрации нефтяных углеводородов не более 12%, на глубину 25–30 см с использованием активизации естественной микрофлоры, а также с внесением в почву микроорганизмов в качестве биопрепарата.

Используемая технология позволяет оптимизировать процесс биодеструкции нефтяных углеводородов, методом внесения в почву определенных мелиорантов, в сочетании с агротехническими приемами, способствовала:

–улучшению воздушно-газового режима, удержанию влажности и предотвращению вымывания из грунта клеток микроорганизмов, обеспечивается внесением измельченной соломы, вспашкой, рыхлением перемешиванием почвенного слоя на глубину его обработки;

–активизации микробиологических процессов, деградации токсичных компонентов, формированию почвогрунта, которому способствовали органические и минеральные удобрения;

–влиянию на темпы разложения загрязнителей, подвижность питательных веществ, активизацию биологических процессов самоочистки почв, эффективное действие оказывает орошение, методом дождевания.

Очистка нефтезагрязненного участка с использованием микроорганизмов включала в себя несколько этапов:

#### *1. Полевой или подготовительный этап*

–осмотр нефтезагрязненного участка и ликвидация источников загрязнения;

–демонтаж и вывоз оставшихся бетонных оснований и прочих остатков коммуникаций, а также бытового мусора;

–устранение аварийных разливов;

–плантажные работы, в том числе осушение и засыпка грунта в образовавшиеся после дождей болота;

–создание дренажной системы, размером дренажного канала 0,5×1,0 м;

–установка емкостей по периметру участка для сбора поливной воды.

## 2. Биотехнологический этап

- вспашка, рыхление, дискование участка (на глубину обработки 25–30 см);
- разметка станций для взятия образцов грунта;
- взятие усредненных образцов грунта с глубины 0–25 см;
- внесение мелиорантов: соломы, органических и минеральных удобрений, осуществляется под поверхностную обработку (вспашка, рыхление, дискование), затем почва увлажняется методом дождевания.
- внесение органических удобрений (коровий или птичий навоз);
- внесение минеральных удобрений аммофос, нитрофоска;
- внесение измельченной соломы (5–10 см);
- орошение участка методом дождевания.

Органические удобрения и солома тщательно перемешиваются и равномерно распределяются на очищаемом участке. Минеральные удобрения вносятся в виде водных растворов в процессе орошения. Режим орошения определяется внешней температурой.

При использовании биопрепарата для очистки нефтезагрязненных почв, микроорганизмы вносятся в почву в процессе орошения методом дождевания. Биотехнологический этап предусматривает мониторинговые исследования за контролем процесса очистки: численность биодеструкторов; влажность почвы; фитотоксичность почвы.

### Фитомелиоративный этап

К фитомелиоративному этапу биоремедиации приступают после того, как большая часть углеводородов нефти. 30–40% — будет окислено и разрушено микроорганизмами, когда почва становится практически не токсичной для растений.

Для проведения биотехнологических работ по очистке нефтезагрязненных почв Апшеронского полуострова, на месторождении Раманы был подобран нефтезагрязненный участок, размером 20×30 м, отобраны почвенные образцы и проведены анализы для получения исходных данных по концентрации нефти и численности нефтеокисляющих микроорганизмов (Таблица).

Таблица

### РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗОВ НА УЧАСТКЕ С ВНЕСЕНИЕМ БИОПРЕПАРАТА ПО ПРОШЕСТВИИ МЕСЯЦА ПОСЛЕ НАЧАЛА ИСПЫТАНИЯ

Шифр образца	Наиболее вероятное число клеток (НВЧ) микроорганизмов в почвенных образцах						ГБ в 1 г НВЧ	Концентрация нефти (%)	
	10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup>	10 <sup>5</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>			НОБ в 1 г НВЧ
R-1	3	3	3	3	2	0	9,5×10 <sup>6</sup>	4,5×10 <sup>3</sup>	9,2
R-2	3	3	3	3	1	1	7,5×10 <sup>6</sup>	4,9×10 <sup>3</sup>	9,3
R-3	3	3	3	1	2		11,5×10 <sup>5</sup>	5,4 ×10 <sup>3</sup>	9,0
R-4	3	3	3	3	1	0	4,5×10 <sup>6</sup>	4,8×10 <sup>3</sup>	8,9
R-5	3	3	3	3	1	1	7,5×10 <sup>6</sup>	5,1×10 <sup>3</sup>	8,7
R-6	3	3	3	1	1		7,5×10 <sup>5</sup>	4,8×10 <sup>3</sup>	8,8
R-7	3	3	3	2	0		9,5×10 <sup>5</sup>	5,0×10 <sup>3</sup>	8,9

Примечание: НОБ — нефтеокисляющие бактерии; ГБ — гетеротрофные бактерии

Как видно из Таблицы, численность нефтеокисляющих микроорганизмов на подобранном участке не превышает  $4,5 \times 10$ , а минимальное составляет  $2,5 \times 10$ .

Численность гетеротрофных бактерий меняется в пределах от  $1,2 \times 10$ , до  $5,6 \times 10$ . Концентрация нефти составляет около 12%. Таким образом, указанные данные свидетельствуют, что численность микроорганизмов на исследуемой площади находятся на низком уровне. В то же время известно, что эффективность очистки почв с использованием микроорганизмов осуществляется при численности микрофлоры как минимум от миллиона и выше.

Для улучшения качества очистки почв от загрязнений, на данный участок, завозилась чистая почва и вносились мелиоранты: мелко нарезанная (5–10 см) солома, из расчета  $15 \text{ кг/м}^2$ ; органическое удобрение (коровий навоз, куриный помет), из расчета  $25 \text{ кг/м}^2$  в комплексе с использованием агротехнических приемов (вспашка, рыхление). После чего вновь были проведены микробиологические и химические анализы.

Из Таблицы 1 видно, что происходит увеличение нефтеокисляющих так и гетеротрофных бактерий в некоторых образцах до одного порядка. В результате этих мероприятий отмечено также снижение концентрации нефти около 2%. Затем участок был разделен на 2 части: участок 1, участок 2. На участках проводилось испытание 2 типов биотехнологий.

На участке 1 — очистка почвы осуществлялась с активизацией естественной микрофлоры.

На участке 2 — очистка нефтяного загрязнения с внесением биопрепарата.

Снижение численности связано с тем, что часть микроорганизмов не смогла адаптироваться к новым условиям. Численность гетеротрофных бактерий увеличилась на один порядок, в связи с частичным выявлением в среде нефтеокисляющих микроорганизмов рода *Pseudomonas*. Значение концентрации нефти оставались такими же, как на участке с естественной микрофлорой.

### Выводы

В работе в результате проведенных исследований для очистки нефтезагрязненных почв впервые был использован биопрепарат, состоящий из активных штаммов микроорганизмов с добавлением мелиорантов, состоящих из древесных опилок, минеральных удобрений. Внесение биопрепарата в почву совместно с мелиорантами позволило поддержать высокий уровень биодegradации нефтяных углеводородов в верхних слоях почвы на всех этапах проводимых работ.

Авторами работ исследовано влияние наноструктурной водно-бентонитовой суспензии на процесс биоремедиации серой лесной почвы при 3% загрязнении девонской нефтью и при выращивании вики посевной. При внесении наносорбента в почву без растений установлено снижение содержания углеводородов на 43,3% по сравнению с исходным уровнем загрязнения. Отмечено снижение фитотоксичности при применении наноструктурной водно-бентонитовой суспензии в отношении всхожести семян и надземной биомассы вики посевной. Выявлен эффект фиторемедиации: концентрация углеводородов при предпосевной обработке семян наноструктурным бентонитом снизилась на 53,3% к начальному уровню [15–16].

*Список литературы:*

1. Киреева Н. А. Микробиологическая рекультивация нефтезагрязненных почв. М.: ВНИИОЭНГ, 2001. 40 с.
2. Мухамбетов Б., Сагындыкова С., Нурлыбеков А., Джангалиева Ж., Нурмуханов Н., Улжабаева А., Касанова Ж. Модельный эксперимент по очистке нефтезагрязненных почв // Научно-агрономический журнал. 2012. №1 (90). С. 36-38.
3. Рычкова М. И., Куюкина М. С., Криворучко А. В., Ившина И. Б. Сравнительная характеристика нефтедеградирующих свойств биопрепаратов микробного происхождения // Вестник Пермского университета. 2004. №2. С. 142-147.
4. Gan S., Lau E. V., Ng H. K. Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) // Journal of hazardous materials. 2009. V. 172. №2-3. P. 532-549. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.118>
5. Mulligan C. N., Yong R. N., Gibbs B. F. An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments // Journal of hazardous materials. 2001. T. 85. №1-2. С. 145-163. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00226-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00226-6)
6. Megharaj M., Ramakrishnan B., Venkateswarlu K., Sethunathan N., Naidu R. Bioremediation approaches for organic pollutants: a critical perspective // Environment international. 2011. V. 37. №8. P. 1362-1375. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.06.003>
7. Gondal M. A., Hussain T., Yamani Z. H., Baig M. A. Detection of heavy metals in Arabian crude oil residue using laser induced breakdown spectroscopy // Talanta. 2006. V. 69. №5. P. 1072-1078. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.11.023>
8. Ившина И. Б., Криворучко А. В., Куюкина М. С., Костина Л. В., Пешкур Т. А., Каннингхем К. Д. Биоремедиация нарушенных углеводородами и тяжелыми металлами почв с использованием Rhodococcus-биосурфактантов и иммобилизованных родококков // Аграрный вестник Урала. 2012. №8 (100). С. 65-68.
9. Бабаев Э. Р. Биологическая очистка загрязненных нефтью почв // Azerbaijan Chemical Journal. 2014. №4. С. 93-97.
10. Керимов С. В., Исмаилов Н. М. Экологические критерии выбора технологий очистки нефтезагрязненных почв на Апшеронском полуострове // Нефтяное хозяйство Azerbaijan. 2008. №3. С. 64-69.
11. Исмаилов Н. М. Биоочистка твердых материалов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Azerbaijanское нефтяное хозяйства. 2010. №10. С. 68-71.
12. Кадымов А. Г. Экологические проблемы старых нефтяных месторождений Azerbaijan // Azerbaijanское нефтяное хозяйства. 2005. №11. С. 60-65.
13. Бабаев Э. Р. Особенности преобразования углеводородного состава нефтей Апшеронского полуострова в процессе их микробиологической деградации в почве // Территория Нефтегаз. 2018. №6 С. 104-112.
14. Macaulay B. M., Rees D. Bioremediation of oil spills: a review of challenges for research advancement // Annals of environmental Science. 2014. T. 8. С. 9-37. <http://hdl.handle.net/2047/d20018675>
15. Рахманова Г. Ф., Шаронова Н. Л., Дегтярева И. А. Влияние наносорбента на процессы биоремедиации нефтезагрязненной почвы // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. №5. С. 149-152.
16. Рахманова Г. Ф. Влияние наноструктурной водно-бентонитовой суспензии на агрохимические свойства нефтезагрязненной серой лесной почвы // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. №10. С. 124-127.

References:

1. Kireeva, N. A. (2001). Mikrobiologicheskaya rekul'tivatsiya neftezagryaznennykh pochv. Moscow. (in Russian).
2. Mukhambetov, B., Sagyndykova, S., Nurlybekov, A., Dzhangalieva, Zh., Nurmukhanov, N., Ulzhabaeva, A., & Kasanova, Zh. (2012). Model'nyi eksperiment po oчитке neftezagryaznennykh pochv. *Nauchno-agronomicheskii zhurnal*, 1(90), 36-38. (in Russian).
3. Rychkova, M. I., Kuyukina, M. S., Krivoruchko, A. V., & Ivshina, I. B. (2004). Sravnitel'naya kharakteristika neftegradiruyushchikh svoistv biopreparatov mikrobnogo proiskhozhdeniya. *Vestnik Permskogo universiteta*, (2), 142-147. (in Russian).
4. Gan, S., Lau, E. V., & Ng, H. K. (2009). Remediation of soils contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs). *Journal of hazardous materials*, 172(2-3), 532-549. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.07.118>
5. Mulligan, C. N., Yong, R. N., & Gibbs, B. F. (2001). An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments. *Journal of hazardous materials*, 85(1-2), 145-163. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00226-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00226-6)
6. Megharaj, M., Ramakrishnan, B., Venkateswarlu, K., Sethunathan, N., & Naidu, R. (2011). Bioremediation approaches for organic pollutants: a critical perspective. *Environment international*, 37(8), 1362-1375. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2011.06.003>
7. Gondal, M. A., Hussain, T., Yamani, Z. H., & Baig, M. A. (2006). Detection of heavy metals in Arabian crude oil residue using laser induced breakdown spectroscopy. *Talanta*, 69(5), 1072-1078. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2005.11.023>
8. Ivshina, I. B., Krivoruchko, A. V., Kuyukina, M. S., Kostina, L. V., Peshkur, T. A., & Kanningkhem, K. D. (2012). Bioremediatsiya narushennykh uglevodorodami i tyazhelymi metallami pochv s ispol'zovaniem Rhodococcus-biosurfaktantov i immobilizovannykh rodokokkov. *Agrarnyi vestnik Urala*, 8(100), 65-68. (in Russian).
9. Babaev, E. R. (2014). Biologicheskaya oчитka zagryaznennykh неф'tyu pochv. Azerbaijan *Chemical Journal*, (4), 93-97. (in Azerbaijani).
10. Kerimov, C. B., & Ismailov, N. M. (2008). Environmental criteria for the selection of technologies for cleaning oil-contaminated soils on the Absheron Peninsula. *Neftyanoe khozyaistvo Azerbaidzhana*, (3), 64-69. (in Azerbaijani).
11. Ismailov, N. M. (2010). Biological treatment of solid materials contaminated with oil and oil products. *Azerbaidzhanskoe neftyanoe khozyaistvo*, (10), 68-71. (in Azerbaijani).
12. Kadymov, A. G. (2005). Environmental problems of old oil fields in Azerbaijan. *Azerbaidzhanskoe neftyanoe khozyaistvo*, (11), 60-65. (in Azerbaijani).
13. Babaev, E. R. (2018). Conversion characteristics of hydrocarbon composition of Apsheron peninsula oils in their microbiological degradation in soil. *Territorija Neftegaz*, (6), 104-112. (in Russian).
14. Macaulay, B. M., & Rees, D. (2014). Bioremediation of oil spills: a review of challenges for research advancement. *Annals of environmental Science*, 8, 9-37. <http://hdl.handle.net/2047/d20018675>
15. Rakhmanova, G. F., Sharonova, N. L., & Degtyareva, I. A. (2016). Influence of nanosorbent on the biodegradation process of contaminated gray forest soil. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 19(5), 149-152. (in Russian).

16. Rakhmanova, G. F. (2017). Vliyaniye nanostrukturnoi vodno-bentonitovoi suspenzii na agrokhimicheskie svoystva neftezagryaznennoi seroi lesnoi pochvy. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta*, 20(10), 124-127. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 27.05.2021 г.*

*Принята к публикации  
31.05.2021 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Султанова Г. Д., Абдуллаева М. Я. Очистка нефтезагрязненных земель в климатических условиях Азербайджана // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №7. С. 31-38. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/68/04>

*Cite as (APA):*

Sultanova, G., & Abdullayeva, M. (2021). Treatment Method of the Soil, Polluted by Oil and Oil Products in Climatic Conditions of Azerbaijan. *Bulletin of Science and Practice*, 7(7), 31-38. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/68/04>