

ПОЧВОВЕДЕНИЕ / SOIL SCIENCE

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ ВЫСОКОМ ЗАГРЯЗНЕНИИ НЕФТЬЮ ТЕМНО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ С ПОМОЩЬЮ СОРБЕНТА И НЕФТЕДЕСТРУКТОРА «ДЕСТРОЙЛ»

Научная статья

Митриковский А.Я.<sup>1</sup>, Белова Л.В.<sup>2</sup>, Кузнецова А.В.<sup>3</sup>, Михайлова Л.Ю.<sup>4</sup>, Романова А.А.<sup>5\*</sup>, Шушарина И.В.<sup>6</sup>, Губанова Е.М.<sup>7</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7</sup> Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация

\* Корреспондирующий автор (cavita[at]mail.ru)

**Аннотация**

Актуальность предлагаемых исследований определяется необходимостью разработки мероприятий по ремедиации почв загрязненных повышенными количествами нефти в результате нарушения технологии производства или аварий на нефтедобывающих предприятиях. Исследования проводились на примере темно-серой лесной почвы тяжелого грануломеханического состава. Нефть и нефтепродукты, попадая в почву, несут огромную нагрузку на все компоненты биосферы.

В процессе лабораторных исследований было изучено 14 вариантов при различном сочетании сорбентов и углеводородоразлагающего препарата «Дестройл» и различном содержании нефти. В результате исследований определен состав биологических препаратов для максимального снижения нефтяного загрязнения темно-серой лесной почвы, эффективность ремедиации почвы по нефтепродуктам продолжительностью два с половиной месяца составила не менее 75%.

**Ключевые слова:** ремедиация почвы, углеводородоразлагающий препарат, сорбент, нефтесодержащие загрязнения.

A STUDY OF THE DYNAMICS OF OIL PRODUCT CONTENT DURING HIGH OIL CONTAMINATION OF DARK GREY FOREST SOILS USING THE SORBENT AND OIL DESTRUCTOR "DESTROIL"

Research article

Mitrikovskii A.Y.<sup>1</sup>, Belova L.V.<sup>2</sup>, Kuznetsova A.V.<sup>3</sup>, Mikhailova L.Y.<sup>4</sup>, Romanova A.A.<sup>5\*</sup>, Shusharina I.V.<sup>6</sup>, Gubanova Y.M.<sup>7</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6, 7</sup> Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation

\* Corresponding author (cavita[at]mail.ru)

**Abstract**

The relevance of the proposed research is determined by the necessity to develop measures for remediation of soils polluted with increased amounts of oil as a result of violation of production technology or accidents at oil-producing facilities. The research was carried out on the example of dark grey forest soil of heavy granulomechanical composition. Oil and oil products, getting into the soil, bear a huge load on all components of the biosphere.

In the course of laboratory research 14 variants were studied with different combination of sorbents and hydrocarbon-degrading agent "Destroil" and different oil content. As a result of the research the composition of biological preparations for maximum reduction of oil pollution of dark grey forest soil was determined, the effectiveness of soil remediation for oil products lasting two and a half months was not less than 75%.

**Keywords:** soil remediation, hydrocarbon-degrading agent, sorbent, oily contaminants.

**Введение**

Нефть является основным и главным загрязнителем почвы и водных объектов, что чаще всего является следствием нарушения технологических режимов производственного процесса или возникновения аварийных ситуаций. В нефтедобывающих регионах со значительными показателями добычи нефти фиксируется очень высокая антропогенная нагрузка на компоненты природной среды, что связано с разливами нефти на почвенные разности [1], [2]. Процессы самоочищения почв, загрязненных нефтепродуктами, протекает медленно, токсичность почв высока и они практически полностью утрачивают свои биологические особенности [3], [4], [5]. В связи с этим проблема очистки почвы от нефтезагрязнений является важной, а задачи поиска и разработки способов очистки и ремедиации весьма актуальными.

В настоящее время для ликвидации нефтяных загрязнений широко применим механический сбор нефтеразливов и их переработка на разных установках. Однако большое количество загрязнений проникает в почву и наносит ущерб, поэтому возникает необходимость в создании эффективных и надежных способов ремедиации. В последнее время получил широкое развитие и востребован способ биоремедиации [5], [6], [7]. Данный способ можно отнести к малозатратным и менее энергоемким способам ремедиации от нефтеразливов, но для его широкого внедрения необходимо более глубокое изучение биологических методов очистки почв от повышенных и очень высоких загрязнений нефтью.

Процесс биоремедиации связан с использованием возможности углеродоксилирующих микроорганизмов в процессе своей жизнедеятельности окислять углеводороды нефти. Применяемые для этих целей биопрепараты, созданные на основе данных бактерий, могут иметь низкую эффективность для разных фракций нефти, температуры окружающей

среды, концентрации солей в почве [6]. Задачи нахождения оптимальных параметров и составом для процесса ремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами, является актуальными и востребованными для нефтедобывающих регионов.

В состав смесей для ремедиации почвы используют кроме биопрепаратов и природные сорбенты (бентониты) [6], [8], [9]. Поиск эффективных составов, оптимальных доз компонентов и условий биоремедиации является неотъемлемой частью научных изысканий перед внедрением в реальную природную среду.

### **Методы и принципы исследования**

Лабораторные исследования по динамике снижения нефтепродуктов в загрязненной нефтью темно-серой лесной почвы проводились в лаборатории кафедры «Техносферная безопасность» Тюменского индустриального университета.

При подборе вариантов исследований было учтено, что в процессе ремедиации загрязненных нефтью почв необходимо соблюдать оптимальные условия по температурному режиму, хорошей воздухообеспеченности,  $\text{pH} = 7,0 - 7,5$  для более эффективной работы углеводородразлагающих бактерий [10].

Предлагается в качестве компонентов смеси для добавления в загрязненную нефтепродуктами почву с целью ремедиации использовать сорбент, азотно-фосфатные удобрения, известь и препарат, содержащий нефтеразлагающие бактерии. Препарат «Глаук-Ойл» обладает двойными свойствами является сорбентом для поглощения нефтепродуктов и биопрепаратом, содержащем штаммы бактерий, предназначенных для деструкции нефтесодержащих загрязнений. Бактерии биопрепарата устойчивы к изменению питательной среды и работают в широком температурном диапазоне от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+50^{\circ}\text{C}$ , что важно для северных климатических районов. При снижении загрязнений в почве бактерии теряют свою активность и пополняют гумусовый слой. По данным производителя скорость разложения при соблюдении оптимальных условий составляет один месяц.

Действие препарата «Дестройл» основано на высокой окислительной активности микробной культуры в отношении углеводов нефти и нефтепродуктов. Нефтеразлагающие бактерии, содержащиеся в препарате «Дестройл», разрушают углеводороды и переводят их в экологически нейтральные соединения.

В процессе лабораторных исследований было изучено 14 вариантов различных сочетаний сорбентов и углеводородразлагающего препарата «Дестройл» при различном содержании нефти. В результате предварительных исследований для дальнейших испытаний был определен состав и продолжены дальнейшие опыты.

Исследования проводились для двух вариантов дозировок принятых компонентов:

1 вариант – 100 г почвы + 5 г нефти + 3% сорбента «Глаук-Ойл» от массы нефти + азотно-фосфатные удобрения + известь 10 г на 100 г почвы + 10 мл препарата «Дестройл»;

2 вариант – 100 г почвы + 10 г нефти + 5% сорбента «Глаук-Ойл» от массы нефти + азотно-фосфатные удобрения + известь 100 г на 100 г почвы + 10 мл препарата «Дестройл».

Для проведения исследований были поставлены следующие задачи:

1. Определить состав и оптимальные дозы изучаемых компонентов для ремедиации загрязненной почвы.

2. Исследовать динамику изменения содержания нефтепродуктов в нефтезагрязненной почве в динамике в течении 2-х месяцев.

Концентрация нефтепродуктов в почвенных образцах определялась по методике ПНД Ф 16.1:2.21–98 с применением анализатора жидкости «Флюорат–02», значение  $\text{pH}$  определялось по методике ПНД Ф 16.2.2:2.3:3.33–02. Каждые две недели проводился отбор проб образца загрязненной почвы для определения остаточной концентрации нефтепродуктов.

### **Основные результаты**

Исследования проводились на темно-серой лесной почве, для корректировки величины  $\text{pH}$  добавлялась известь. Первый вариант состава моделирует процесс состав почвы с 5%-ным загрязнением нефтепродуктами, а второй вариант – 10%-ным загрязнением.

Изменение содержания нефтепродуктов для состава первого варианта представлено на рис. 1. Первый столбец отражает исходную концентрацию нефтепродуктов, которая была равна 113056 мг/кг, далее представлены значения остаточного содержания нефтепродуктов в образце через 2, 4, 6, 8 и 10 недель.

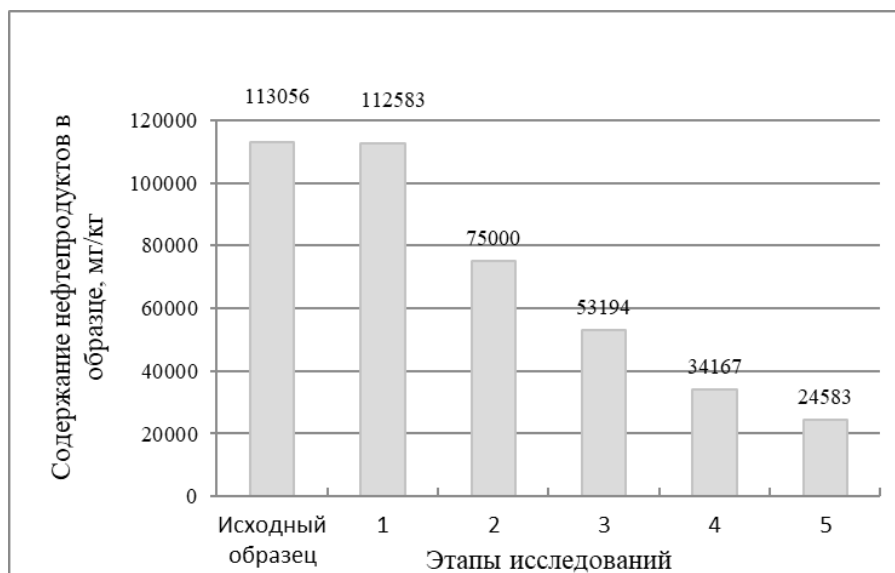


Рисунок 1 - Динамика изменения содержания нефтепродуктов в почве при действии первого состава компонентов смеси

Результаты лабораторных исследований указывают на то, что количество нефтепродуктов в загрязненной нефтью почве через 2,5 месяца снизилось с 113056 мг/кг до 24583 мг/кг, эффективность снижения первоначального содержания загрязнения составила 78,2%.

Аналогичные результаты по динамике снижения нефтепродуктов были получены и при повышенных концентрациях загрязненной в почве. Анализируя данные рис. 2 необходимо отметить следующее, что первоначальное содержание нефтепродуктов в почвенном образце составляло 281111 мг/кг и через 2,5 месяца с учетом применяемых компонентов составило 68611 мг/кг, т.е. снижение составило 75,6 %.



Рисунок 2 - Динамика изменения содержания нефтепродуктов в почве при действии второго состава компонентов смеси

### Заключение

Результаты анализа экспериментальных данных показали, что предложенный состав смеси для ремедиации почвы, загрязненной нефтепродуктами, оказался эффективным при 5% и 10%-ном количественном загрязнении. При повышении концентрации нефтепродуктов в почве рекомендуется проводить корректировку дозы сорбента «Глаук-Ойл» и извести для корректировки pH. В обоих вариантах эксперимента применяемые компоненты оказали положительное влияние на динамику снижения нефтепродуктов в изучаемых образцах почвы, эффективность по первому варианту – 78,2%, по второму варианту – 75,5%. Полученные результаты лабораторных исследований позволяют сделать вывод о том, что данный состав изучаемых препаратов рекомендуется к использованию для ремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами.

**Конфликт интересов**

Не указан.

**Conflict of Interest**

None declared.

**Рецензия**

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

**Review**

International Research Journal Reviewers Community

**Список литературы / References**

1. Кочуров Б.И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б.И. Кочуров. — Москва; Смоленск : Маджента, 2003. — С. 384
2. Кириенко О.А. Влияние углеводородов на состав микробного сообщества в луговой глеевой почве / О.А. Кириенко, Е.Л. Ирманова // Вестник дальневосточного отделения российской академии наук. — 2015. — № 5. — С. 29-34.
3. Околелова А. А. Ремедиация почв / А.А. Околелова, Е.Э. Нефедьева. — Волгоград: ВолгГТУ, 2022. — 152 с.
4. Околелова А.А. Особенности трансформации нефтепродуктов в почвах / А.А. Околелова, Н.Г. Кастерина, Г.С. Егорова [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия. Естественные науки. — 2016. — № 18 (239). — С. 156—163.
5. Чердакова А.С. Экспериментальная оценка влияния гуминовых препаратов на процессы микробиологической ремедиации почв, загрязненных нефтепродуктами / А.С. Чердакова, С.В. Гальченко, Е.В. Воробьева // Экология и промышленность России. — 2021. — Т.25. — №3. — С. 30-35.
6. Успанова Д.М. Оценка эффективности ремедиации нефтезагрязнённых почв сорбционно-биологическими методами в лабораторных условиях / Д.М. Успанова, О.В. Нечаева, О.В. Абросимова [и др.] // Теоретическая и прикладная экология. — Киров, 2022. — №4. — С. 172-179.
7. Молочко В.Н. Эффективность технологии ремедиации нефтегаз-загрязненной почвы с помощью биопрепарата «Дестройл» и сорбента магнетита / В.Н. Молочко, Д.Л. Басалаева, Е.В. Глинская [и др.] // Сборник материалов международной сателлитной конференции «Экологический мониторинг: методы и подходы». — Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2021. — С. 150-152.
8. Лапик О.И. Влияние внешних факторов на процесс биологической деструкции нефтяного шлама / О.И. Лапик, А.Я. Митриковский // Сборник материалов международной научно-практической конференции «Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе». — Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2021. — С. 109-111.
9. Митриковский А.Я. Влияние сорбента «Унисорб» по-лимерный и других изучаемых компонентов на динамику изменения содержания нефтепродуктов в нефтешламе / А.Я. Митриковский, В.З. Бурлаенко, Л.В. Белова [и др.] // Международный научно-исследовательский журнал. — 2022. — №7-1. — С. 92-95.
10. Салангинас Л.А. Изменение свойств почв под воздействием нефтезагрязнения и разработка систем мер по их реабилитации / Л.А. Салангинас. — Екатеринбург, 2003. — С. 441.

**Список литературы на английском языке / References in English**

1. Kochurov B.I. Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitiye [Ecodiagnosics and Balanced Development] / B.I. Kochurov. — Moscow; Smolensk: Magenta, 2003. — P. 384 [in Russian]
2. Kirienko O.A. Vliyaniye uglevodorodov na sostav mikrobnogo soobshchestva v lugovoj gleevoj pochve [Effect of Hydrocarbons on the Composition of the Microbial Community in a Meadow Gley Soil] / O.A. Kirienko, E.L. Irmanova // Vestnik dal'nevostochnogo otdeleniya rossijskoj akademii nauk [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences]. — 2015. — № 5. — P. 29-34. [in Russian]
3. Okolelova A.A. Remediatsiya pochv [Remediation of Soils] / A.A. Okolelova, E.E. Nefedyeva. — Volgograd: VolgSTU, 2022. — 152 p. [in Russian]
4. Okolelova A.A. Osobennosti transformatsii nefteproduktov v pochvah [Features of Oil Products Transformation in Soils] / A.A. Okolelova, N.G. Kasterina, G.S. Egorova [et al.] // Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya. Estestvennye nauki [Belgorod State University Scientific Reports. Series. Natural Sciences]. — 2016. — № 18 (239). — P. 156-163. [in Russian]
5. Cherdakova A.S. Eksperimental'naya ocenka vliyaniya guminovykh preparatov na processy mikrobiologicheskoy remediatsii pochv, zagryaznennykh nefteproduktami [Experimental Evaluation of the Effect of Humic Preparations on the Processes of Microbiological Remediation of Soils Contaminated with Petroleum Products] / A.S. Cherdakova, S.V. Galchenko, E.V. Vorobyeva // Ekologiya i promyshlennost' Rossii [Ecology and Industry of Russia]. — 2021. — Vol. 25. — №3. — P. 30-35. [in Russian]
6. Uspanova D.M. Ocenka effektivnosti remediatsii neftezagryaznyonnykh pochv sorbcionno-biologicheskimi metodami v laboratornykh usloviyakh [Evaluation of Remediation Efficiency of Oil-contaminated Soils by Sorption and Biological Methods in Laboratory Conditions] / D.M. Uspanova, O.V. Nechaeva, O.V. Abrosimova [et al.] // Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya [Theoretical and Applied Ecology]. — Kirov, 2022. — № 4. — P. 172-179. [in Russian]
7. Molochko V.N. Effektivnost' tekhnologii remediatsii neftegaz-zagryaznennoj pochvy s pomoshch'yu biopreparata «Destroyl» i sorbenta magnetita [Effectiveness of Technology Remediation of Oil-gas-contaminated Soil with the Biopreparation "Destroyl" and Magnetite Sorbent] / V.N. Molochko, D.L. Basalaeva, E.V. Glinskaya [et al.] // Sbornik materialov mezhdunarodnoj satelitnoj konferentsii «Ekologicheskij monitoring: metody i podhody» [Proceedings of the

International Satellite Conference "Environmental Monitoring: Methods and Approaches". — Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2021. — P. 150-152. [in Russian]

8. Lapik O.I. Vliyanie vneshnih faktorov na process biologicheskoy destrukcii neftyanogo shlama [Effect of External Factors on the Process of Biological Degradation of Oil Sludge] / O.I. Lapik, A.Y. Mitrikovsky // Sbornik materialov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Arktika: sovremennye podhody k proizvodstvennoj i ekologicheskoy bezopasnosti v neftegazovom sektore» [Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Arctic: modern approaches to industrial and environmental safety in the oil and gas sector"]. — Tyumen: Tyumen Industrial University, 2021. — P. 109-111. [in Russian]

9. Mitrikovsky A.Y. Vliyanie sorbenta «Unisorb» po-limernyj i drugih izuchaemyh komponentov na dinamiku izmeneniya sodержaniya nefteproduktov v nefteshlame [Effect of Sorbent "Unisorb" Polymeric and Other Studied Components on the Dynamics of Change in the Content of Petroleum Products in Oil Sludge] / A.Y. Mitrikovsky, V.Z. Burlaenko, L.V. Belova [et al.] // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal [International Research Journal]. — 2022. — №7-1. — P. 92-95. [in Russian]

10. Salanginas L.A. Izmenenie svojstv pochv pod vozdejstviem neftezagryazneniya i razrabotka sistem mer po ih reabilitacii [Change of Soil Properties under the Impact of Oil Pollution and Development of a System of Measures for Their Rehabilitation] / L.A. Salanginas. — Yekaterinburg, 2003. — P. 441. [in Russian]