

Научная статья

Original article

УДК 504

doi: 10.55186/2413046X\_2022\_7\_11\_672

**ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ТРАВΟΣМЕСЕЙ ДЛЯ  
ФИТОРЕМИДАЦИИ ПОЧВ ПОСЛЕ НЕФТЯНЫХ РАЗЛИВОВ В  
УСЛОВИЯХ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА  
OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF GRASS MIXTURES FOR  
PHYTOREMEDIATION OF SOILS AFTER OIL SPILLS IN THE  
CONDITIONS OF THE FAR EAST**



**Малиновская Светлана Анатольевна**, канд. хим. наук, доцент кафедры «Нефтегазовое дело, химия и экология» Дальневосточного государственного университета путей сообщения 680021, Хабаровск, ул. Серышева, 47, E-mail: [ngd.dvgups@mail.ru](mailto:ngd.dvgups@mail.ru)

**Малиновская Надежда Сергеевна**, студент направления специальности 21.03.01 Нефтегазовое дело Дальневосточного государственного университета путей сообщения, 680021, Хабаровск, ул. Серышева, 47, E-mail: [malin\\_ndy@mail.ru](mailto:malin_ndy@mail.ru)

**Malinovskaya Svetlana Anatolyevna**, Ph.D. chem. Sci., Associate Professor, Department of Oil and Gas Business, Chemistry and Ecology, Far Eastern State Transport University 680021, Khabarovsk, st. Serysheva, 47, E-mail: [ngd.dvgups@mail.ru](mailto:ngd.dvgups@mail.ru)

**Malinovskaya Nadezha Sergeevna**, student of the specialty 21.03.01 Oil and gas business of the Far Eastern State Transport University, 680021, Khabarovsk, st. Serysheva, 47, E-mail: [malin\\_ndy@mail.ru](mailto:malin_ndy@mail.ru)

**Аннотация.** Добыча и транспортировка нефти сегодня являются одними из самых экологичных процессов. Однако избежать аварийных разливов и загрязнений, возникающих в процессе эксплуатации объектов нефтяной отрасли, не удастся. Экологические последствия разливов и загрязнений в процессе эксплуатации нефти носят трудно учитываемый характер, поскольку нефтяное загрязнение нарушает многие естественные процессы и взаимосвязи, существенно изменяет условия обитания всех видов живых организмов и накапливается в биомассе. Нефть является продуктом длительного распада, проникает вглубь почвы, нарушая экосистему почвы. Кроме того, наземные загрязнения приводят к загрязнениям водоемов дождевыми стоками. В статье рассмотрена возможность оптимизации процесса фиторемедиации почвы. Для восстановления почвенных покровов после нефтяных разливов обязательно проводят рекультивацию загрязненных почв. Важным способом восстановления почвы является фиторемедиация - устранение остатков нефти путем посева нефтестойких трав, активизирующих почвенную микрофлору. С этой целью используют травяные смеси, состоящие из многолетних сидератов, резистентных к наличию некоторого количества нефтяных загрязнений. Нами исследована возможность использования в целях фиторемедиации однолетних сидератов, широко используемых в условиях Дальнего Востока. Исследована их способность к прорастанию в загрязненной нефтью воде и почве. Для сидератов с наибольшим процентом прорастания проведены модельные исследования на загрязненной нефтью почве. Проанализирован процент убывания органического углерода в процессе вегетации растений. Проанализирована цена на семена трав для составления травосмесей для фиторемедиации и обоснована экономическая целесообразность использования исследованных культур.

**Abstract.** Extraction and transportation of oil today are among the most environmentally friendly processes. However, accidental spills and pollution

arising during the operation of oil industry facilities cannot be avoided. The environmental consequences of spills and pollution during the operation of oil are difficult to take into account, since oil pollution disrupts many natural processes and relationships, significantly changes the living conditions of all types of living organisms and accumulates in biomass. Oil is a product of long-term decay, it penetrates deep into the soil, disrupting the soil ecosystem. In addition, terrestrial pollution leads to pollution of water bodies by rain runoff. The article considers the possibility of optimizing the process of soil phytoremediation. To restore soil cover after oil spills, it is imperative to reclaim contaminated soils. An important method of soil restoration is phytoremediation - the elimination of oil residues by sowing oil-resistant herbs that activate soil microflora. For this purpose, herbal mixtures are used, consisting of perennial green manure, resistant to the presence of a certain amount of oil pollution. We have studied the possibility of using annual green manure crops widely used in the conditions of the Far East for phytoremediation. Their ability to germinate in oil-contaminated water and soil has been studied. For green manure with the highest percentage of germination, model studies were carried out on oil-contaminated soil. The percentage of organic carbon decrease in the process of plant vegetation was analyzed. The price of grass seeds for the preparation of grass mixtures for phytoremediation has been analyzed and the economic feasibility of using the studied crops has been substantiated.

**Ключевые слова:** загрязнение почв нефтью, фиторемидиация почв, рекультивация почв, однолетние сидераты, травосмеси

**Key words:** soil pollution with oil, soil phytoremidia, soil recultivation, annual green manure, grass mixtures

#### **Актуальность**

Несмотря на то, что нефть – самое ценное сырье, и обустройству его производства и транспортировки уделяется очень большое внимание, полностью исключить аварийные разливы нефтепродуктов и загрязнения,

возникающие в процессе эксплуатации объектов нефтяной отрасли, все равно не удастся.

Даже при современном уровне оборудования, в том числе для ликвидации аварий, разливы нефти приравниваются к техногенным катастрофам.

### **Проблема**

Экологические последствия разливов и загрязнений в процессе эксплуатации нефти носят трудно учитываемый характер, поскольку нефтяное загрязнение нарушает многие естественные процессы и взаимосвязи, существенно изменяет условия обитания всех видов живых организмов и накапливается в биомассе.

Нефть является продуктом длительного распада, проникает вглубь почвы, нарушая экосистему.

### **Цель работы**

Выявить экономически и биологически выгодный способ восстановления биологической активности почвы после разлива нефти или загрязнения почвы в процессе эксплуатации объектов нефтяной отрасли.

### **Гипотеза**

Восстановление биологической активности почвы возможно при использовании однолетних сидератов.

### **Задачи**

1. Выбрать сидераты, чаще всего используемые на территории Дальнего Востока;
2. Определить и сравнить процент прорастания однолетних и многолетних сидератов в воде;
3. Определить способность к прорастанию семян в воде, загрязненной нефтью, определить способность прорастания семян в почве, загрязненной нефтью;
4. Определить, какой из видов семян экономически выгоден.

Наземные разливы приводят к попаданию в почвы токсичных элементов – бор, молибден, свинец, уран, стронций, сера и кобальт; дефициту элементов минерального питания, таких как азот, фосфор и кислород, из-за избытка органических углеродосодержащих соединений; снижению почвенного плодородия, вследствие образования гидрофобных пленок из нефти вокруг почвенных агрегатов, препятствующих проникновению в них водных растворов; нарушается уровень аэрации в почве – она заполняет часть свободного порово-трещинного пространства, вытесняя из него почвенный воздух; отрицательному воздействию на почвенную фауну – быстрая гибель крупных беспозвоночных организмов (насекомые, черви); при концентрации нефти более 5% снижается биологическая активность растений и наступает их гибель; кроме того, наземные загрязнения приводят к загрязнениям водоемов дождевыми стоками.

Кроме аварий причиной загрязнения почвы может быть процесс эксплуатации скважин, сбор, транспортировка, и подготовка нефти. Установлено, что наиболее загрязненными участками являются участки возле устья скважин, насосной, земляных амбаров и в местах скопления сточных вод.

Для восстановления почвенных покровов после нефтяных разливов обязательно проводят рекультивацию загрязненных почв. Рекультивация – это создание искусственного слоя почвы с благоприятными для произрастания растений свойствами.

Важным способом восстановления почвы является фиторемедиация. Это устранение остатков нефти путем высева нефтестойких трав, активизирующих почвенную микрофлору.

Ликвидацию нефтяных загрязнений почвы проводят в два этапа: технический и биологический. Технический этап начинают непосредственно после аварийного разлива нефти, когда биологическая активность почвы в значительной степени подавлена острым токсическим действием

загрязнителя. Технический этап предполагает использование механических и физико-химических методов. То есть, приходится удалять верхние слои почвы для очистки от нефтяных загрязнений.

Исследуя способность семян однолетних сидератов к прорастанию, мы выяснили, что прорастание горчицы белой подавляется присутствием нефти незначительно. Для этого мы провели ряд экспериментов: для начала, мы проверили всхожесть семян в воде. Семена горчицы, люпина и гороха были залиты 10 мл воды и оставлены в чашках Петри для прорастания.

Также была исследована всхожесть этих семян в воде, загрязненной нефтью (1 проба: 0,3 г нефти на 10 мл воды, 2 проба: 0,5 г нефти на 10 мл воды).

На третий день был рассчитан процент прорастания семян (см. таблицу 1).

Таблица 1. Результаты прорастания семян

Состав среды прорастания	люпин	горох	горчица
Вода 10 мл	8%	92%	100%
Вода 10 мл + 0,3 г нефти	0%	40%	55%
Вода 10 мл + 0,5 г нефти	0%	12%	48%

Прорастание семян горчицы в воде загрязненной нефтью составляет приблизительно 50%, процент прорастания гороха в этих условиях меньше, составляет около 30%, но это больше, чем процент прорастания люпина, который в загрязненной нефтью воде не пророс совсем (0%).

Затем были проведены модельные эксперименты с почвой. Для исследования были взяты пробы почвы массой 2 кг. Площадь поверхности проб составляла 216 см<sup>2</sup>. На эту поверхность была разлита нефть объемом 100 мл, глубина проникновения нефти составила 3 см. Объем почвы, загрязненной нефтью составил 648 см<sup>3</sup>, а процент загрязнения нефтью – 15,4%, что в три раза превышает уровень критического загрязнения для

флоры. Затем пробы, загрязненные нефтью были засеяны горчицей и горохом, массой по 5 г. Были сделаны две контрольные пробы чистых почв, засеянных горчицей и горохом, и оставлено по одной пробе почвы без посевов, но залитой нефтью, и одной пробе почвы. Все пробы регулярно поливались водой. Наблюдение велось в течение 14 дней. Пробы для анализа на органический углерод отбирались каждые три дня по «конверту», смешивались между собой, и бралась для анализа средняя проба. Определение органического углерода проводилось по известной методике.

Наши наблюдения показали, что прорастание семян горчицы в почве угнетается незначительно в присутствии нефти. Чего нельзя сказать о горохе. Его прорастание составило только 10%.

Процесс рекультивации оценивался по изменению органического углерода в почве.

Почва, не загрязненная нефтью, содержала 0,860 мг/мл органического углерода, после внесения нефти содержание углерода выросло до 1,16 мг/мл в слое, содержащем нефть. Опыты, проведенные с чистой почвой и посеянными сидератами показали, что в процессе прорастания и развития растений органический углерод в почве убывает, но сравнение убыли органического углерода в почве загрязненной нефтью и засеянной сидератами оказалось больше. Если сравнивать между собой убыль органического углерода, то в пробах с горчицей она значительно выше, чем в пробах с горохом.

Рис. 2 . Содержание органического углерода.

Содержание органического С, мг/мл в чистой почве	0,86
Содержание органического углерода в почве, загрязненной нефтью	1,16
Органический углерод, приходящийся на нефть	0,3
Убыль органического углерода на конец эксперимента в пробе чистая почва - горох	0,267
Убыль органического углерода на 14 день в пробе почва – нефть - горох	0,324
Убыль органического углерода на 14 день в пробе чистая почва - горчица	0,413
Убыль органического углерода на 14 день в пробе почва – нефть - горчица	0,497

Наши эксперименты позволяют нам сделать вывод, что использование горчицы приводит к постепенному восстановлению почвы без предварительной физико-химической подготовки. Такой процесс восстановления можно использовать при незначительных по площади загрязнениях, а также для фиторемедиации (устранения остатков нефти) земель.

Традиционно (ГОСТ Р 57447-2017) для этих целей используют клевер белый, клевер красный, осоку, ежу сборную, овсяницу луговую, кострец безостый и др.

Для определения экономически выгодного сидерата, мы сравнили средние цены на семена, используемые в нашем эксперименте.

Рис. 3. Сравнение средние цены на семена.

Сидерат	Цена в России (без доставки) за тонну
Горох полевой	35000
Гочица белая	35000
Клевер красный	88000
Клевер белый	470000
Овсяница луговая	138000
Ежа сборная	232000
Кострец безостый	225000
Осока	130000

Таким образом, среди сидератов самыми экономически выгодными являются горох полевой и горчица белая. Так как процент прорастания гороха гораздо меньше, чем у горчицы, то мы рекомендуем использовать горчицу белую для рекультивации и фиторемедиации земель.

**Выводы:**

1. В ходе нашей работы мы исследовали возможность прорастания семян однолетних сидератов в условиях нефтяного загрязнения почвы.
2. Нефтяное загрязнение почвы незначительно подавляет всхожесть и рост семян горчицы белой.



3. В процессе роста и развития растений наблюдается убыль органического углерода в почве и постепенная его нормализация, это позволяет предложить горчицу белую и горох полевой в качестве растений для рекультивации и фиторемедиации загрязненных нефтью земель.

4. Сравнили цены на семена сидератов, используемых в ГОСТе Р 57447-2017 и предложенных нами, выяснили, что использование горчицы белой экономически выгодно.

#### **Список источников**

1. Каменщиков Ф.А., Богомольный Е.И. Удаление нефтепродуктов с водной поверхности и грунта. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2006. – 528с.
2. Тучкова О.А. Структурообразователи для обеспечения экологической безопасности при разливах нефти и нефтепродуктов // Вестник Казанского технологического университета. 2017. №16. С. 44-46
3. Тучкова О.А., Гасилов В.С. Разливы нефти и нефтепродуктов. Часть 1: основные положения разработки Планов по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов // Вестник Казанского технологического университета, 19, 21, 69-72 (2016).
4. Шайхиев И. Г., Степанова С. В., Шайхиева К. И. Исследование хвои сосновых деревьев в качестве сорбционных материалов для удаления нефтей и масел с водной поверхности // Вестник Казанского технологического университета, 20, 3, 183-186 (2017).

#### **References**

1. Kamenshchikov F.A., Bogomolny E.I. Removal of oil products from the water surface and soil. - M.-Izhevsk: Research Center "Regular and Chaotic Dynamics", Institute for Computer Research, 2006. - 528p.
2. Tuchkova O.A. Structure-forming agents to ensure environmental safety in case of oil and oil products spills // Bulletin of the Kazan Technological University. 2017. No. 16. pp. 44-46

3. Tuchkova O.A., Gasilov V.S. Spills of oil and oil products. Part 1: the main provisions for the development of Plans for the Prevention and Response to Oil and Oil Product Spills // Bulletin of the Kazan Technological University, 19, 21, 69-72 (2016).

4. Shaikhiev I. G., Stepanova S. V., Shaikhieva K. I. Study of needles of pine trees as sorption materials for removing oils and oils from the water surface // Bulletin of the Kazan Technological University, 20, 3, 183-186 ( 2017).

**Для цитирования:** Малиновская С. А., Малиновская Н. С. Оптимизация состава травосмесей для фиторемидации почв после нефтяных разливов в условиях Дальнего Востока // Московский экономический журнал. 2022. № 11. URL: <https://qje.su/rekreacia-i-turizm/moskovskij-ekonomicheskij-zhurnal-11-2022-41/>

© Малиновская С. А., Малиновская Н. С., 2022. Московский экономический журнал, 2022, №11.