

Научная статья  
УДК 632.122.2  
<https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-3-14-18>  
EDN VVSFDZ

## Перспективы использования сельскохозяйственных культур при проведении фиторемедиации нефтезагрязненных почв

Елизавета Александровна Степаненко<sup>1✉</sup>,  
Виктория Александровна Алфёрова<sup>2</sup>, Ирина Владимировна Волкова<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Астраханский государственный технический университет,  
Астрахань, Россия, [liza\\_10.03.97@mail.ru](mailto:liza_10.03.97@mail.ru) ✉

<sup>3</sup>Каспийский институт морского и речного транспорта имени генерал-адмирала Ф. М. Апраксина –  
филиал ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»,  
Астрахань, Россия

**Аннотация.** В рамках исследования проводилось изучение реакции некоторых растительных культур на наличие углеводородов нефти в почве. В статье представлены данные модельного эксперимента, в ходе которого на искусственно загрязненной нефтью почве были высажены следующие тест-культуры: редька огородная (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) и клевер луговой (*Trifolium pratense*). Опыты с тест-культурами проводились в трех контейнерах с готовым грунтом, который заранее загрязнили нефтью в различных концентрациях (2,5; 5; 7,5 г/кг), отражающих низкую, среднюю и высокую степень загрязнения. В качестве оценки влияния поллютанта на тест-культуры использовался параметр всхожести семян и средняя длина корня. Для подсчета всхожести использовался ГОСТ 2038–84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести», для подсчета средней длины корня – ГОСТ Р ИСО 18763–2019 «Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях вышедших растений». При определении фитотоксичности нефти редька огородная (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) и клевер луговой (*Trifolium pratense*) продемонстрировали высокий потенциал использования при проведении фиторемедиации нефтезагрязненных почв. Все это позволяет рассматривать данные виды в качестве объектов фиторемедиации нефтезагрязненных почв. Важно в зависимости от степени загрязнения осуществлять подбор видов, способных произрастать в неблагоприятных условиях нефтяного загрязнения.

**Ключевые слов:** фиторемедиация, нефтяное загрязнение, почва, тест-культуры

**Для цитирования:** Степаненко Е. А., Алфёрова В. А., Волкова И. В. Перспективы использования сельскохозяйственных культур при проведении фиторемедиации нефтезагрязненных почв // Нефтегазовые технологии и экологическая безопасность. 2025. № 3. С. 14–18. <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-3-14-18>. EDN VVSFDZ.

Original article

## Prospects for the agricultural crops use in phytoremediation of oil-contaminated soils

Elizaveta A. Stepanenko<sup>1✉</sup>, Victoria A. Alferova<sup>2</sup>, Irina V. Volkova<sup>3</sup>

<sup>1-3</sup>Astrakhan State Technical University,  
Astrakhan, Russia, [liza\\_10.03.97@mail.ru](mailto:liza_10.03.97@mail.ru) ✉

<sup>3</sup>Caspian Institute of Sea and River Transport named after Admiral F. M. Apraksin,  
branch of the Volga State University of Water Transport,  
Astrakhan, Russia

**Abstract.** As part of the study, the reaction of some plant crops to the presence of petroleum hydrocarbons in the soil was studied. The paper presents data from a model experiment in which the following test crops were planted on artificially oil-contaminated soil: garden radish (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) and meadow clover (*Trifolium*

*pratense*). Experiments with test crops were carried out in three containers with ready-made soil, which was previously contaminated with oil in various concentrations (2.5; 5; 7.5 g/kg), reflecting low, medium and high degrees of contamination. The seed germination parameter and the average root length were used to assess the effect of the pollutant on the test crops. ISS 2038–84 “Seeds of agricultural crops” was used to calculate germination. “Methods for determining germination”, ISS R ISO 18763-2019 “Soil quality” was used to calculate the average root length. Determination of the toxic effects of pollutants on germination and growth in the early stages of higher plants”. In determining the phytotoxicity of oil, garden radish (*Raphanus raphanistrum subsp. Sativus*) and meadow clover (*Trifolium pratense*) have demonstrated a high potential for use in phytoremediation of oil-contaminated soils. All this makes it possible to consider these species as objects of phytoremediation of oil-contaminated soils. Depending on the degree of contamination, it is important to select species that can grow in unfavorable conditions of oil pollution.

**Keywords:** phytoremediation, oil pollution, soil, test crops

**For citation:** Stepanenko E. A., Alferova V. A., Volkova I. V. Prospects for the agricultural crops use in phytoremediation of oil-contaminated soils. *Oil and gas technologies and environmental safety*. 2025;3:14-18. (In Russ.). <https://doi.org/10.24143/1812-9498-2025-3-14-18>. EDN VVSFDZ.

## Введение

Интенсивное и нерациональное использование земель для производственных нужд, повышенное воздействие прочих антропогенных факторов приводит к ускорению истощения почвенного покрова и нарушению физико-химических свойств почвы. Вследствие этого изменяются и первоначальные физиологические, и морфологические особенности произрастающей флоры, приводя к процессам адаптации.

Высшие растения отличаются широким ареалом обитания и являются преобладающими представителями во многих наземных экосистемах. Их видовой состав, качественные и количественные характеристики произрастающих популяций являются основой для формирования остальных компонентов биоценозов. Соответственно, актуальным остается вопрос об изучении влияния различных антропогенных факторов на высшие формы растений. В частности, научные работы, посвященные исследованиям распространности углеводов нефти в почве, изучению их влияния на биоту, оценке степени загрязненности окружающей среды и способам снижения концентраций, имеют большое практическое значение.

Нефть отличается богатым компонентным составом, часто включающим повышенные концентрации тяжелых металлов и других веществ, оказывающих токсическое действие на биоту. Кроме того, отдельные структуры нефти (смолы, асфальтены) способны ограничивать доступ воды, кислорода, необходимых питательных веществ к растениям, обволакивая их части и проникая в ткани [1].

Перспективными методами для оценки загрязнения почв углеводами нефти и борьбы с ними считаются фитотестирование и фиторемедиация почв [2].

Культуры, подходящие для осуществления фиторемедиации почв, подверженных загрязнению нефтепродуктами, должны обладать следующими качествами:

- 1) толерантностью к средним и высоким концентрациям нефти;
- 2) способностью поглощать и аккумулировать загрязнители;

3) способностью к безопасному извлечению их корневой и надземной части для последующей утилизации.

При проведении фиторемедиации используется объединенный метаболический потенциал микроорганизмов и растений, что играет особую роль при освобождении верхних слоев почвы от токсинов [3].

В статье рассматривается эффективность использования редьки огородной (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) и клевера лугового (*Trifolium pratense*) в качестве потенциальных объектов для фиторемедиации почв, подверженных загрязнению углеводами нефти.

Целью статьи является анализ изменений параметров всхожести и длины корня у рассматриваемых культур при наличии в почве углеводов нефти в различных концентрациях (2,5; 5; 7,5 г/кг).

## Результаты исследования

Экспериментальная часть проводилась при помощи материально-технической базы кафедры «Гидробиология и общая экология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет». Объектами исследования стали редька огородная (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) и клевер луговой (*Trifolium pratense*).

Оценку влияния нефтепродуктов на растения осуществляли по показателям: общая всхожесть и длина корня.

Всхожесть семян определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 12038–84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести» и ГОСТ Р ИСО 22030–2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений» [4, 5]. Длину корня определяли в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 18763–2019 «Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений» [6].

Для посадки тест-объектов использовали готовый грунт одного из производителей с одинаковым составом. В качестве экспериментального загрязнителя использовали нефть, отобранную на одном из месторождений Каспийского моря. Нефть вносили в грунт в необходимом количестве для получения концентраций 2,5 г/кг (малая), 5 г/кг (средняя), 7,5 г/кг (высокая). В качестве контроля использовали тот же грунт без внесения нефти. В каждый контейнер высаживалось по 50 семян.

Окончательные результаты эксперимента фиксировались на 15 сутки.

При наблюдении за редькой огородной (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) было зафиксировано увеличение всхожести на 6 % при концентрации 7,5 г/кг в сравнении с контрольным образцом. При средней концентрации терраполлютанта (5 г/кг) всхожесть была равна контрольному замеру. Наименьшую всхожесть продемонстрировали растения, выращенные в грунте с концентрацией нефти 2,5 г/кг, что на 13 % меньше контрольного образца (рис. 1).

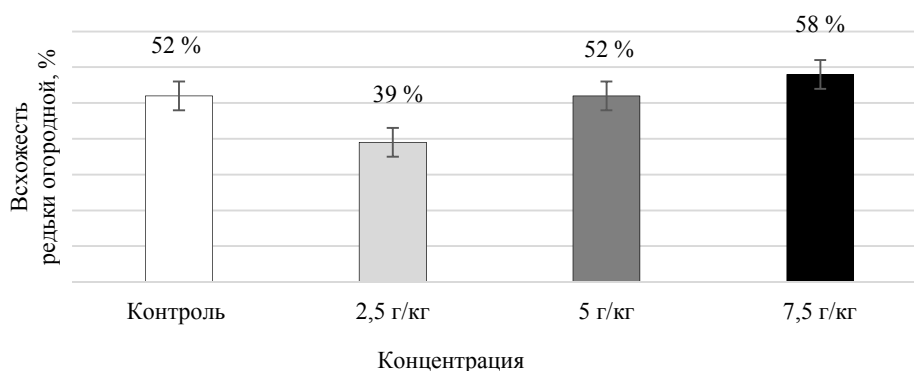


Рис. 1. Всхожесть редьки огородной (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*)

Fig. 1. Germination of garden radish (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*)

При подсчете средней длины корня выявлены аналогичные результаты. Сохранилась тенденция, при которой наименьшие результаты были зафик-

сированы у образца, выращенного в почве с концентрацией в ней 2,5 г/кг (рис. 2).

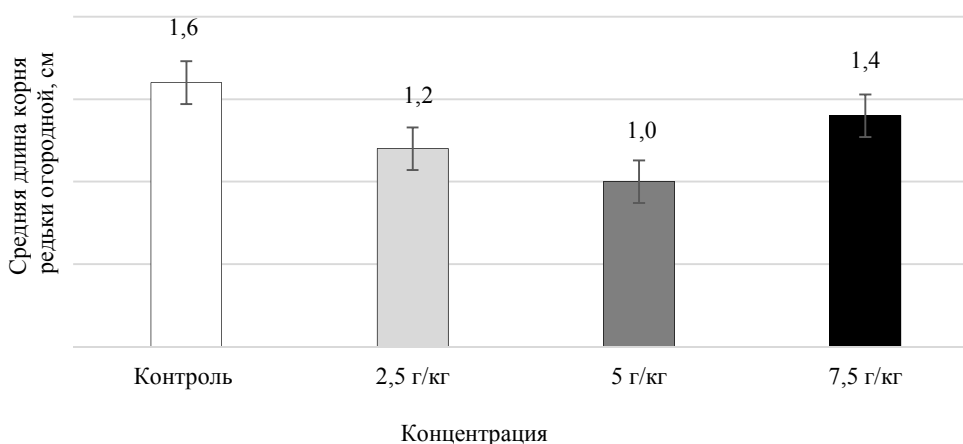


Рис. 2. Средняя длина корня редьки огородной (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*)

Fig. 2. Average root length of garden radish (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*)

Наивысший процент всхожести у клевера лугового (*Trifolium pratense*) был достигнут при концентрации нефти в грунте, равной 2,5 г/кг, он был выше контроля на 14 %. Также выше контроля оказался и процент всхожести в контейнере с концентрацией

5 г/кг, результат выше на 6 %. Наименьшую величину всхожести продемонстрировал контейнер с концентрацией, равной 7,5 г/кг, на 20 % меньше контроля (рис. 3).

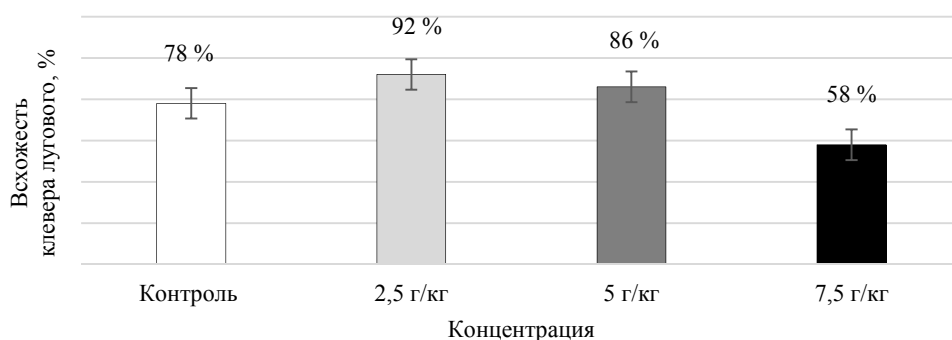


Рис. 3. Всхожесть клевера лугового (*Trifolium pratense*)

Fig. 3. Germination of meadow clover (*Trifolium pratense*)

При наблюдении за средней длиной корня клевера лугового (*Trifolium pratense*) удалось отметить увеличение длины корня при концентрациях 5 и 2,5 г/кг на 2,5 и 1,7 см относительно контрольного образца. Увеличение корня также, как и увеличение стебля, про-

исходит при малых и средних концентрациях. Фиксируется и идентичное снижение средней длины корня, что замечено и со стеблем. Происходит оно также при высоких концентрациях нефти (7,5 г/кг) (рис. 4).

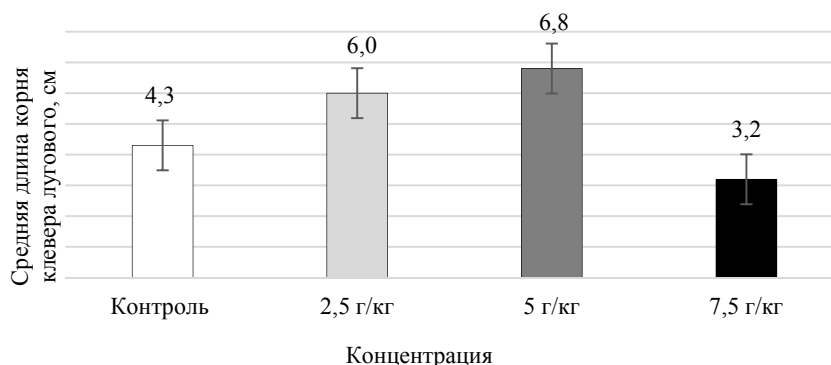


Рис. 4. Средняя длина корня клевера лугового (*Trifolium pratense*)

Fig. 4. Average root length of meadow clover (*Trifolium pratense*)

По результатам проведенного опыта можно сделать вывод о том, что нефтяное загрязнение, ко всему прочему, может оказывать не только подавляющее действие на высшие растения, но и стимулирующее на некоторые растительные культуры. Было выявлено, что при наличии в почве низкой концентрации углеводородов нефти повышается общая всхожесть клевера лугового (*Trifolium pratense*) на 14 % относительно контрольного образца. Средняя длина корня увеличивается на 1,7 см при малой концентрации и на 2,5 см при средней. Редька огородная (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) демонстрирует увеличение общей всхожести в сравнении с контрольным замером на 6 % при высокой концентрации поллютанта. При высоких концентрациях у редь-

ки огородной (*Raphanus raphanistrum subsp. sativus*) средняя длина корня приближена к значению контрольного образца (меньше на 0,2 см относительно контроля).

#### Заключение

На основании проведенного эксперимента можно сделать вывод, что редька огородная (*Raphanus raphanistrum subsp. Sativus*) и клевер луговой (*Trifolium pratense*) демонстрируют высокий потенциал использования при проведении фиторемедиации нефтезагрязненных почв. Но следует отметить, что эффективность их действия будет зависеть от степени загрязнения углеводородами почвенного покрова.

#### Список источников

1. Журавлева А. С., Лабутова Н. М., Андронов Е. Е. Влияние нефтезагрязнения на микробиоценоз почв, при-

легающих к нефтехранилищу // Эколог. генетика. 2017. Т. 15, № 4. С. 60–98.

2. Гринчишин Н. Н. Фитотестирование нефтезагрязненных почв / под общ. ред. И. А. Новикова. Минск: БГУ, 2016. С. 122–123.
3. Андреева И. В., Байбеков Р. Ф., Злобина М. В. Фиторемедиация почв, загрязненных тяжелыми металлами // Природообустройство. 2009. № 5. С. 5–10.
4. ГОСТ 12038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. М.: Стандартинформ, 2011. 64 с.
5. ГОСТ Р ИСО 22030–2009. Качество почвы. Биоло-

- гические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. М.: Стандартинформ, 2010. 15 с.
6. ГОСТ Р ИСО 18763–2019 Качество почвы. Определение токсического воздействия загрязняющих веществ на всхожесть и рост на ранних стадиях высших растений. М.: Стандартинформ, 2019. 23 с.
7. Каримуллин Л. К. и др. Физиологическая активность почв при разных уровнях нефтяного загрязнения // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2020. Т. 17, № 4-4. С. 797–803.

## References

1. Zhuravleva A. S., Labutova N. M., Andronov E. E. Vliyanie neftezagryazneniya na mikrobocenoz pochv, prilagajushhih k neftehranilishhu [The effect of oil pollution on the microbial cenosis of soils adjacent to the oil storage facility]. *Jekologicheskaja genetika*, 2017, vol. 15, no. 4, pp. 60-98.
2. Grinchishin N. N. *Fitotestirovanie neftezagryaznennykh pochv* [Phytotesting of oil-contaminated soils] / pod obshh. red. I. A. Novikova. Minsk, BGU Publ., 2016. Pp. 122-123.
3. Andreeva I. V., Bajbekov R. F., Zlobina M. V. Fitoremediacija pochv, zagryaznennykh tjazhelymi metallami [Phytoremediation of soils contaminated with heavy metals]. *Prirodobustrojstvo*, 2009, no. 5, pp. 5-10.
4. *GOST 12038–84. Semena sel'skhozajstvennykh kul'tur. Metody opredelenija vshozhesti* [Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination]. Moscow, Standartinform Publ., 2011. 64 p.
5. *GOST R ISO 22030–2009. Kachestvo pochvy. Biologicheskie metody. Hronicheskaja fitotoksichnost' v otnoshenii vysshih rastenij* [Soil quality. Biological methods. Chronic phytotoxicity against higher plants]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 15 p.
6. *GOST R ISO 18763–2019 Kachestvo pochvy. Opreделение toksicheskogo vozdejstvija zagryaznjajushhih veshchestv na vshozhest' i rost na rannih stadijah vysshih rastenij* [Soil quality. Determination of toxic effects of pollutants on germination and growth in the early stages of higher plants]. Moscow, Standartinform Publ., 2019. 23 p.
7. Karimullin L. K. i dr. *Fiziologicheskaja aktivnost' pochv pri raznyh urovnjah nefljanogo zagryaznenija* [Physiological activity of soils at different levels of oil pollution]. *Izvestija Samarskogo nauchnogo centra RAN*, 2020, vol. 17, no. 4-4, pp. 797-803.

Статья поступила в редакцию 02.06.2025; одобрена после рецензирования 05.07.2025; принята к публикации 18.09.2025  
The article was submitted 02.06.2025; approved after reviewing 05.07.2025; accepted for publication 18.09.2025

## Информация об авторах / Information about the authors

**Елизавета Александровна Степаненко** – аспирант кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; liza\_10.03.97@mail.ru

**Elizaveta A. Stepanenko** – Postgraduate Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; liza\_10.03.97@mail.ru

**Виктория Александровна Алферова** – магистр кафедры гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; liza\_10.03.97@mail.ru

**Victoria A. Alferova** – Master's Course Student of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; liza\_10.03.97@mail.ru

**Ирина Владимировна Волкова** – доктор биологических наук, доцент; заведующий кафедрой гидробиологии и общей экологии; Астраханский государственный технический университет; профессор кафедры математических и естественно-научных дисциплин; Каспийский институт морского и речного транспорта имени генерал-адмирала Ф. М. Апраксина – филиал ФГБОУ ВО «Волжский государственный университет водного транспорта»; gridasova@mail.ru

**Irina V. Volkova** – Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Hydrobiology and General Ecology; Astrakhan State Technical University; Professor of the Department of Mathematical and Natural Sciences Disciplines; Caspian Institute of Sea and River Transport named after Admiral F. M. Apraksin, branch of the Volga State University of Water Transport; gridasova@mail.ru

