

Хардикова С.В., Верхошенцева Ю.П., Алёхина Г.П.

Оценка фитотоксичности рекультивированных нефтезагрязненных почв методом проростков

Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»

УДК 631.45

Оценка фитотоксичности рекультивированных нефтезагрязненных почв методом проростков

Хардикова С.В.¹, Верхошенцева Ю.П.¹, Алёхина Г.П.²

¹Оренбургский государственный университет

²ОрГМУ Минздрава России

Аннотация

В статье представлены результаты по оценке фитотоксичности нефтезагрязненных почв после проведения рекультивационных мероприятий. Оценку фитотоксичности проводили методом проростков, учитывали результаты всхожести семян, общую фитомассу тест-культуры и фитотоксический эффект. Использование тест-культуры на рекультивированной нефтезагрязненной почве позволило оценить эффективность рекультивационных мероприятий. Проведенные исследования показали, что рекультивация нефтезагрязненной почвы механическим методом недостаточно эффективна и нуждается в дополнительной очистке.

Ключевые слова: НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННАЯ ПОЧВА, РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ПОЧВ, ФИТОТОКСИЧНОСТЬ, ВСХОЖЕСТЬ, ФИТОМАССА, ТЕСТ-КУЛЬТУРА

Разливы нефти на почвы и растительный покров являются серьезной угрозой для окружающей среды. Наиболее часто причинами загрязнения почвенного покрова становятся многочисленные аварии на трубопроводах. Физический износ оборудования, механические повреждения и коррозия приводят к нарушению герметичности резервуаров. Отсутствие надлежащего контроля за состоянием оборудования, несоблюдение экологических норм при разработке и использовании нефтяных месторождений, а также при перевозке и хранении нефти и нефтепродуктов приводят к загрязнению почв и водоемов [1, 2].

Хардикова С.В., Верхошенцева Ю.П., Алёхина Г.П.

Оценка фитотоксичности рекультивированных нефтезагрязненных почв методом проростков

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

В связи с этим оценка фитотоксичности нефтезагрязненных почв и разработка эффективных рекультивационных мероприятий становятся неотъемлемым компонентом экологической политики [3, 4].

Несмотря на предпринимаемые нефтяниками Оренбургской области серьезные меры по предотвращению аварийных ситуаций на нефтепромыслах, вопросы загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами остро стоят в нашей области [5].

Объект исследования - образцы рекультивированной нефтезагрязненной почвы. Почву отбирали на нефтяном месторождении в Переволоцком районе, Оренбургской области, в 15 км к северо-востоку от поселка Переволоцкий. Месторождение содержит главным образом масляную нефть высокого качества, характеризующуюся низкой сернистостью и относительно высоким содержанием тяжелых фракций. Нефтяной разлив произошел весной 2022 года. Отобранные образцы почвы являются черноземом обыкновенным.

Рекультивацию нефтезагрязненной почвы проводили механическими методами, которые предусматривают сбор нефти и нефтепродуктов с помощью специальной техники и ее утилизацию для дальнейшей переработки.

Образцы почвы, после проведенных рекультивационных мероприятий, отбирали согласно методике ГОСТ 17.4.3.01-2017 [6]. Отбор почвенных проб осуществляли как по периферии (номер пробы 2–4, 6–8), так и в центре нефтяного разлива (номер пробы 5).

В качестве контроля (фон) были отобраны образцы незагрязненной почвы, в идентичных естественных условиях.

Для количественного определения остаточного массового содержания нефтепродуктов в почве после рекультивации использовали методику ПНД Ф 16.1.2:21.21-98 [7].

Для фитотестирования образцов рекультивированной почвы применяли тестовую культуру - редьку посевную (*Raphanus sativus L.*). Фитотоксичность определяли методом проростков [8]. Семена тестовой культуры

Хардикова С.В., Верхошенцева Ю.П., Алёхина Г.П.

Оценка фитотоксичности рекультивированных нефтезагрязненных почв методом проростков

**Электронный научно-производственный журнал
«АгроЭкоИнфо»**

Фитотоксический эффект ФЭ (%) вычисляли по формуле:

$$\text{ФЭ} = \frac{M_k - M_x}{M_k} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где M_k – масса контрольного растения (фон), г;

M_x – масса растений, выращенных на предположительно фитотоксичной среде, г.

Оценка фитотоксичности необходима для уточнения эффективности восстановительных мероприятий и определения нуждается ли почва в дополнительной очистке или она уже подходит для использования в сельском хозяйстве и поддержания экосистемы.

Перед началом опыта в изучаемых пробах рекультивированной нефтезагрязненной почвы определили остаточное содержание нефтепродуктов. Данные представлены в таблице 1. Результаты анализа показывают, что во всех отобранных пробах присутствует остаточное содержание нефтепродуктов. Самое высокое содержание отмечено в пробе номер 5, которая была отобрана в центре нефтяного разлива.

Таблица 1. Массовые концентрации остаточного содержания нефтепродуктов в исследуемых пробах почвы

Номер пробы почвы	Массовые концентрации нефтепродуктов, мг/кг ± относительная погрешность методики, мг/кг
1 (фон)	14 ± 5
2	76 ± 19
3	172 ± 43
4	213 ± 53
5	258 ± 65
6	56 ± 14
7	82 ± 21
8	116 ± 29

Нефтепродукты представлены сложной смесью углеводородов. В современной нормативной базе суммарные ПДК для нефтепродуктов официально пока еще не определены. Этот аспект значительно осложняет оценку загрязнения почв для своевременной реакции на загрязнение и применения мер санирования нефтезагрязненных территорий. Чаще всего для данных целей используются пороговые уровни концентрации нефтепродуктов, которые рекомендованы документом от 27 декабря 1993 года «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами». Согласно этому документу, выделяется пять уровней загрязнения:

менее 1000 мг/кг (менее 0,1 %) – допустимый;

1001–2000 мг/кг (0,11–0,2 %) – низкий;

2001–3000 мг/кг (0,21–0,3 %) – средний;

3001–5000 мг/кг (0,31–0,5 %) – высокий;

более 5000 мг/кг (более 0,5 %) – очень высокий.

Безопасной считается такая концентрация, при которой почва сохраняет свои свойства и функции, не оказывает негативного воздействия на воду, воздух и живые организмы.

Остаточное содержание нефтепродуктов в исследуемых образцах почвы не превышает допустимого значения [9]. Тем не менее использование тестовых культур позволяет более полно оценить влияние остаточного содержания нефтепродуктов в почве на рост и развитие растений, даже в пределах допустимого значения.

Редька посевная (*Raphanus sativus* L.) наиболее часто применяемый тест-объект в фитотестировании. Данная культура характеризуется быстрым ростом и высокой чувствительностью семян к загрязнению окружающей среды.

Данные всхожести семян *Raphanus sativus* в отобранных образцах почвы представлены в таблице 2.

Таблица 2. Всхожесть семян *Raphanus sativus*

Номер образца почвы	Всхожесть семян, %				
	День				
	3-й	6-й	9-й	12-й	15-й
1 (фон)	50±1,02	70±2,43	90±2,05	90±0,55	90±2,03
2	40±0,43	50±1,18	70±1,64	70±1,79	70±1,75
3	30±1,23	30±1,67	40±1,18	40±0,64	40±1,33
4	0	0	20±0,53	20±0,33	20±0,82
5	0	0	20±1,27	20±0,36	20±0,41
6	40±1,78	70±1,23	80±2,45	80±1,28	80±1,57
7	40±0,87	50±0,94	60±1,57	70±1,75	70±1,72
8	40±1,05	50±1,07	50±0,87	60±1,68	60±2,45

Семена, посеянные в образцах отобранных в точках 4 и 5, начали прорастать лишь после шестого дня, количество проросших семян составило всего 20 %. Это обусловлено относительно высоким остаточным содержанием нефтепродуктов в почве данных образцов.

Зависимость остаточного содержания нефтепродуктов в почве и всхожести семян *Raphanus sativus* на пятнадцатый день проращивания, представлена на рис. 1.

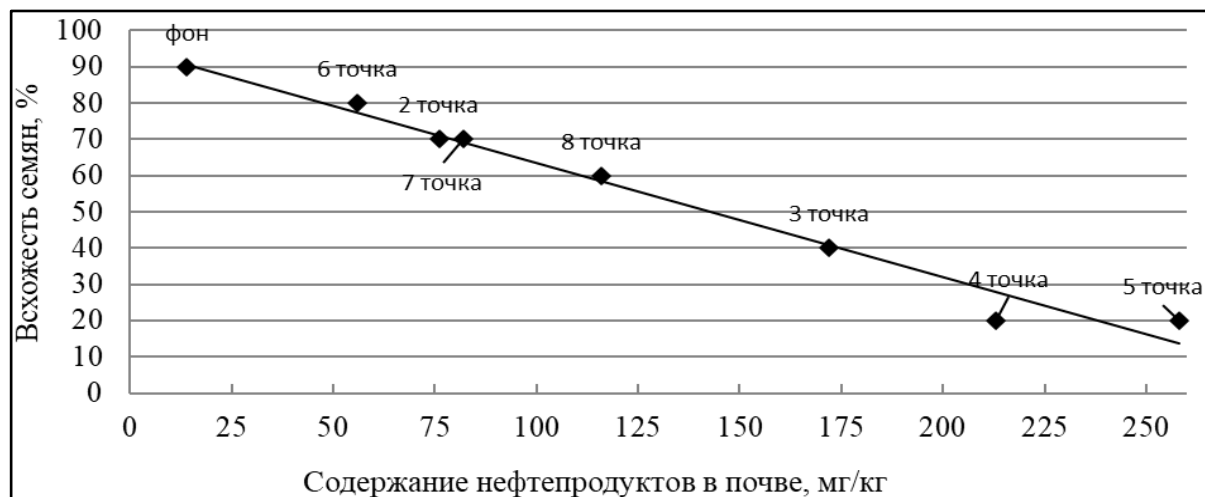


Рис. 1. График зависимости остаточного содержания нефтепродуктов в почве и всхожести семян *Raphanus sativus*

На графике отражена линия тренда, указывающая общее направление изменений переменных в исследуемом процессе. Коэффициент корреляции между показателями всхожести семян и содержанием нефтепродуктов в почве составил $r = 0,98$.

Измерение длины надземной части растений при оценке фитотоксичности является одним из методов определения токсического воздействия химических веществ на растительные организмы. Длина надземной части проростков является показателем роста и развития растения. Показатели средней длины наземной части проростков тест-культуры представлены в таблице 3.

Таблица 3. Средняя длина надземной части опытных растений *Raphanus sativus*

Номер образца почвы	Массовые концентрации нефтепродуктов, мг/кг	Средняя длина наземной части <i>Raphanus sativus</i> , см				
		День				
		3-й	6-й	9-й	12-й	15-й
1 (фон)	14	2,7±0,56	6,0±1,05	7,4±1,89	8,1±0,79	9,0±2,06
2	79	2,0±1,03	5,6±1,56	7,0±1,74	7,4±1,33	7,7±1,97
3	172	1,5±0,43	5,0±0,97	6,1±1,45	6,5±1,83	6,7±1,76
4	213	0	0	1,5±1,98	4,9±2,04	5,3±1,69
5	258	0	0	1,2±1,06	4,8±0,74	5,1±0,94
6	56	1,9±1,32	5,5±1,15	7,1±2,01	7,5±1,67	8,0±1,77
7	82	2,0±1,76	5,5±1,28	6,9±1,84	7,4±1,67	7,9±1,52
8	116	1,5±1,09	5,4±1,37	6,7±1,75	7,0±2,16	7,1±2,34

В результате загрязнения почвы нефтепродуктами произошло нарушение нормального развития и функционирования корневой системы растений. Нарушения процессов корневого питания привели к торможению роста и развития проростков, что отразилось на показателях их длины наземной части. В почвах, с наибольшим количеством остаточного содержания нефтепродуктов, отобранных на 4 и 5 точках, самые низкие проростки, разница с контролем составляет более 40 %. Данные таблицы 3 доказывают наличие зависимости морфометрических показателей проростков тест-культуры от количества остаточного содержания нефтепродуктов в почве.

Показатели фитомассы растений также положительно коррелируют ($r = 0,82$) с содержанием нефтепродуктов в почве (табл. 4).

Таблица 4. Общая фитомасса растений *Raphanus sativus* на пятнадцатый день проращивания

Номер образца почвы	Массовые концентрации нефтепродуктов, мг/кг	Общая фитомасса растений <i>Raphanus sativus</i> , г
1 (фон)	14	5,854±1,06
2	79	4,650±0,42
3	172	2,534±0,93
4	213	1,491±1,12
5	258	1,432±1,02
6	56	5,445±1,79
7	82	4,456±0,96
8	116	3,887±0,94

Для определения уровня токсичного воздействия нефтепродуктов на растительный организм рассчитали фитотоксический эффект (табл. 5). Фитотоксичность — это способность химических веществ подавлять рост и развитие растений.

Почвы, фитотоксичность которых не превышает 10 %, отнесены к условно экологически чистым, 10–30 % свидетельствует о слабой токсичности, от 30 до 50 % указывает на среднюю степень, а выше 50 % – на высокий (недопустимый) уровень токсичности [10].

Слабая токсичность почвы отмечена во 2 и 7 образцах, средняя степень токсичности в 8 образце. В остальных почвенных образцах фитотоксический эффект превышает 50 % и оценивается как высокий уровень токсичности. Коэффициент корреляции показателей

фитотоксического эффекта и остаточного содержания нефтепродуктов в почве составил 0,95.

Таблица 5. Фитотоксический эффект исследуемых проб нефтезагрязненных почв

Номер образца почвы	Фитотоксический эффект, %
2	20,6
3	56,7
4	74,5
5	76,5
6	70,0
7	23,9
8	33,6

Таким образом несмотря на то, что остаточное содержание нефтепродуктов в исследуемых образцах рекультивированной почвы не превышало допустимого значения (менее 1000 мг/кг), уровень их токсичности высокий. Использование тест-культуры на рекультивированной нефтезагрязненной почве позволило оценить эффективность рекультивационных мероприятий. Проведенные исследования показали, что рекультивация нефтезагрязненной почвы механическим методом недостаточно эффективна и нуждается в дополнительной очистке с применением новых методов, либо с использованием лучших технологий и тщательным контролем за проводимыми мероприятиями.

Список использованных источников:

1. Абдыркова А.А., Кушнарева О.П. Влияние нефтяного загрязнения на каталазную активность почв Оренбургской области // Электронный научный журнал. - 2018. – № 10(31). – С. 8–12.
2. Шамраев А.В., Шорина Т.С. Влияние нефти и нефтепродуктов на различные компоненты окружающей среды // Вестник ОГУ. - 2009. – № 6 (100). – С. 642–645.
3. Мамедов К.С., Рзаева М.М., Назрамов Х.М., Алиев Р.Р. Влияние нефтедобывающей промышленности на экологию, животный и растительный мир // Просвещение и познание. - 2022. – С. 57–65.
4. Бузмаков С.А., Хотяновская Ю.В., Андреев Д.Н., Егорова Д.О., Назаров А.В. Индикация состояния экосистем в условиях нефтепромыслового техногенеза // Географический вестник. - 2018. – С. 321–335.

5. Эльдиева З.Б., Арчакова Р.Д., Шанхоева З.А., Ужахова Л.Я., Шадиева А.И., Ялхороева М.А. Влияние естественной загрязненности почв нефтью и нефтепродуктами на урожайность сельскохозяйственных культур // Colloquim-journal. - 2019. – С. 187–193.

6. ГОСТ 17.4.3.01-2017 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к отбору проб (с Поправкой). – М., 2017. - [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document.aspx?control=7&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=230920>

7. ПНД Ф 16.1.2:21.21-98 Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». – Москва, 2017. – 26 с.

8. Привалова Н.М., Процай А.А., Литвиненко Ю.Ф., Марченко Л.А., Паньков В.А. Определение фитотоксичности методом проростков // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 10. – С. 45–45.

9. Быкова М.В. Проблема нормирования при оценке уровня загрязнения почв нефтепродуктами // Вестник Евразийской науки. – 2019. - № 6. - [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <https://esj.today/PDF/83NZVN619.pdf>

10. ГОСТ 12038М84. Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения всхожести [Текст]. Взамен ГОСТ 12038М66. Введ. с 1986 М01М07. - М.: Издательство стандартов, 1985. - 57 с.

Цитирование:

Хардикова С.В., Верхошенцева Ю.П., Алёхина Г.П. Оценка фитотоксичности рекультивированных нефтезагрязненных почв методом проростков [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 6. – Режим доступа: http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/6/st_604.pdf.
DOI: <https://doi.org/10.51419/202136604>.