

## **ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОГО ПОЧВОГРУНТА ПОСЛЕ ПРИМЕНЕНИЯ СОРБЕНТА**

**Фомина Н.В.**

**Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия**

*Аннотация.* В статье представлены результаты исследования фитотоксичности нефтяного загрязнения почвогрунта до и после применения биологически активного сорбента «Унисорб-био». Исследуемый сорбент можно рекомендовать в качестве эффективно снижающего токсическое воздействие нефтяного загрязнения, особенно при среднем и максимальном уровне загрязнения.

*Ключевые слова:* нефть, загрязнение, сорбент, токсичность, фитотестирование, почвогрунт, оценка.

## **ASSESSMENT OF PHYTOTOXICITY OF THE PETROPOLLUTED SOIL AFTER THE SORBENT APPLICATION**

**Fomina N.V.**

**Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, Russia**

*Abstract:* The research results of the phytotoxicity of the soil oil pollution before application of the biologically fissile sorbent of “Unisorb-bio” are presented in the article. The studied sorbent can be recommended as the effective means for the oil pollution toxic influence efficient reduction, especially at the average and maximum level of pollution.

*Key words:* oil, pollution, sorbent, toxicity, phytotesting, soil, assessment.

В качестве параметра экологической оценки нефтезагрязненного почвогрунта как в лабораторных, так и в полевых условиях могут быть рекомендованы методы биотестирования, позволяющие получить интегральные и адекватные результаты. Токсичное действие одних компонентов может быть нейтрализовано или усилено присутствием других, поэтому токсичность почвы не определяется токсичностью отдельных соединений, содержащихся в ней. Необходимо оценивать интегральную токсичность почвы, отражающую влияние всего комплекса (Терехова, 2007; Маячкина, Чугунова, 2009).

Применение современных полимерных сорбентов является одним из наиболее экономически и экологически целесообразных методов рекультивации нефтезагрязненных почв (Мелкозеров и др., 2010; 2013; Васильев и др., 2011). Для испытания экологической безопасности сорбентов и для оценки их эффективности необходимы качественные и адекватные критерии или показатели, которые позволили бы определять функциональное состояние почвы и ее токсичность.

Объектом исследования являлся нефтезагрязненный почвогрунт (до и после внесения сорбента «Унисорб-био»). Для решения поставленных задач был заложен ряд модельных опытов. В процессе работы изучали действие разных концентраций нефти - 1; 5 и 10 % от массы почвы. В связи с тем, что ПДК нефти в почве не разработаны, поэтому для выражения концентрации нефти в почве использовали ее процентное содержание. Загрязнение почвы нефтью в исследованном диапазоне до 10 % от массы почвы наиболее часто встречается в районах нефтедобычи, транспортировки и переработки нефти (Пиковский, 1993).

Исследовали равномерное загрязнение нефтью всего объема почв. Для этого после внесения загрязняющего вещества почву в сосуде перемешивали. Почвогрунт компостировали при комнатной температуре (20-22°C) и оптимальном увлажнении (60 % от полевой влагоемкости) в трехкратной повторности в течение 1 недели, 1 месяца, и 2 месяцев. При оценке химического воздействия на почву этот срок является наиболее информативным (Колесников и др., 2007). Через указанный срок всю массу почвы извлекали из вегетационного сосуда и перемешивали, тем самым получали «средний образец», из которого отбирали пробы на определение биологических показателей.

В ходе анализа использовался грунт «Универсальный». Все образцы установлены в лаборатории при естественном освещении в вегетационных сосудах массой 1 кг и влажностью грунта 60 %. При искусственном загрязнении использовали нефть, отобранную из магистрального нефтепровода ОАО «Трансибнефть». Нефть сырая Сургутского месторождения, имеющая плотность  $d_4^{20}$  0,871-0,873, кг/см<sup>3</sup>; содержание солей, мг/л – 15,2; содержание воды, мг/л – 0,09; содержание серы, мас. % - 1,5 (Лапушова, Васильев, 2015).

Выбор концентрации нефти проводили в соответствии с градацией степени загрязнения от легкой до очень высокой. Данное исследование проводилось в связи с необходимостью определения той границы, где техногенное воздействие еще не нарушает состояние ферментной системы, стимулирует или угнетает активность ферментов.

Количество вносимого сорбента рассчитывали в зависимости от уровня загрязнения. Все показатели изучали в динамике через 1,2 и 3 месяца инкубации грунта.

Оценка фитотоксичности загрязненного почвогрунта проводилась с помощью тест-культуры кресс-салат. Кресс-салат является объектом с наибольшей чувствительностью к загрязнению почвы. За тест-функцию принимались энергия прорастания, всхожесть семян и длина проростка. Общие принципы данного метода описаны в следующих руководствах (Методы..., 1991; Методика..., 2009; Фомина, 2015). Всхожесть и энергия прорастания семян тест-растения определялась по общепринятым методикам, представленных в ГОСТ 12038-84; ГОСТ Р 52325–2005. Оценка проводилась по следующей шкале: фитотоксичность чрезвычайная - это эффект торможения роста корней > 75 %; высокая - 50-75 %; умеренная - 20-50 %; низкая < 20 % (Титова и др., 2011).

Известно, что фитотоксичность почвы – это комплексный тестовый показатель экологического состояния почвы, используемый для определения степени ее деградации и величины загрязнения. Метод основан на реакции тест-культуры на наличие загрязняющих веществ в почве, что позволяет выявить токсичное (ингибирующее) действие тех или иных веществ или наоборот стимулирующее влияние, активизирующее развитие тест-культуры.

Анализ данных, характеризующих состояние тест-культуры (кресс-салат) показал, что даже минимальное загрязнение нефтью (1%) приводит к снижению показателей энергии прорастания и всхожести семян как на первый месяц инкубации, так и к концу всего периода – 85,3 и 88%, по сравнению с контролем в 98,6 и 99 % соответственно (табл.1).

Применение сорбента «Унисорб-био» привело к значительному увеличению исследуемых значений, которые достоверно не различались с контролем и к концу инкубации составили - 95,5 и 98 % соответственно.

Энергия прорастания и всхожесть тест-культуры при 5 % уровне загрязнения снизилась до 78 и 76 % соответственно. Однако следует отметить, что постепенно биоценоз адаптируется, и уровень токсичности снижается, что проявляется в более высоких показателях энергии прорастания и всхожести – 81,3 и 84,1 %. Применение сорбента способствовало значительному увеличению показателей до 94,5 и 95,4 %.

Таблица 1 – Показатели энергии прорастания и всхожести тест-объекта загрязненного почвогрунта

Вариант опыта	Период инкубации почвогрунта					
	1 месяц		2 месяца		3 месяца	
	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль (грунт без обработки).	98,6±1,1	99,0±1,0	97,0±1,2	99,4±1,0	95,0±1,1	97,2±1,3
Грунт+сорбент	95,3±1,6	98,0±1,9	96,4±0,6	98,4±1,1	95,0±0,7	97,01±1,1
1% загрязнение нефтью	88,0±2,0	88,6±2,1	85,4±1,5	86,6±1,8	85,9±1,3	82,6±1,1
1% загрязнение нефтью +сорбент	93,3±1,3	92,7±1,8	92±1,1	96±1,2	95,5±1,4	98±1,2
5% загрязнение нефтью	78±1,7	76±1,6	82,2±1,3	81,5±1,4	81,3±1,1	84,1±1,2
5% загрязнение нефтью +сорбент	83,7±2,1	87,7±2,0	85,4±2,1	90,1±1,2	94,5±2,1	95,4±1,2
10% загрязнение нефтью	53±2,2	58±1,8	51±2,3	50±2,2	50±2,3	49,4±2,2
10% загрязнение нефтью +сорбент	61±2,5	62,2±2,4	68±2,3	70±2,9	74,7±2,3	81,8±2,9

Максимальное загрязнение почвогрунта (10 %) почти в 2 раза снизило значения энергии прорастания и всхожести тест-культуры, характеризующие высокий уровень токсичности (семена практически не развивались). Средние показатели уровня токсичности колебались в пределах 51-53 %. При

использовании сорбента «Унисорб-био» значения энергии прорастания увеличились к концу инкубации в 1,5 раза.

Характеризуя данные по длине проростка, установили, что при воздействии минимальной концентрации нефти длина проростка кресс-салата ниже, чем в контроле (13,8 см) и составляет в среднем 12,3 см, тогда как при использовании сорбента значения увеличились в среднем до 13,4 см.

Характеризуя длину проростка при 5 % уровне загрязнения почвогрунта, установили, что она снизилась в среднем в 1,5-1,7 раза, тогда как в варианте с сорбентом наоборот увеличилась. Максимальное загрязнение почвогрунта (10 %) привело к снижению длины проростка по сравнению с контролем в 4,5 раза, а сорбент постепенно хотя и незначительно, но к концу инкубации увеличил длину проростка до 5,9 см. Таким образом, длина проростка является наиболее чувствительной ответной функцией тести-культуры на загрязнение, так как реагирует достоверным изменением показателей. Сорбент «Унисорб-био» снижает концентрацию нефти и соответственно токсичность почвогрунта, выполняя сорбирующую функцию. В течение всего периода исследования во всех вариантах с загрязнением к концу инкубации токсический эффект усиливается, особенно при максимальной концентрации.

В целом с увеличением концентрации нефти токсичность почвогрунта достоверно увеличивается. Во всех вариантах с применением сорбента, как при низкой, так и при высокой концентрации нефти все значения длины проростка были выше, особенно при 1 и 5 % уровне загрязнения, что свидетельствует об эффективном действии и снижении уровня токсичности.

Показатели фитотоксичности, рассчитанные на основании вышеуказанных значений длины проростка нефтезагрязненного почвогрунта, свидетельствует о ее низком уровне при минимальном загрязнении (1 %) – 10,7 % и очень высоком – 77,6 % при максимальном загрязнении (10 %). Таким образом, исследуемый сорбент привел к снижению токсического эффекта при нефтяном загрязнении. Токсичность снизилась до 60 % при максимальном загрязнении и до 18,9 % при 5 %-ом уровне загрязнения.

С целью определения исходной безопасности сорбента необходимо проверить его токсичность в вариантах без загрязнения. В результате получены данные, указывающие, что сорбент не оказывает активного отрицательного воздействия на тест-культуру, что выражается в отсутствие достоверных различий во всхожести по сравнению с контролем. Длина проростка также снизилась лишь незначительно.

*Заключение.* На основании изученных показателей (энергия прорастания, всхожесть и длина проростка тест-культуры), а также фитотоксичности установлено, что исследуемый сорбент «Унисорб-био» можно рекомендовать в качестве эффективно снижающего токсическое воздействие нефтяного загрязнения, особенно при среднем и максимальном уровне загрязнения.

## Литература

1. Васильев, С.И. и др. Технология сорбционной и биологической очистки биосферы от загрязнений нефтепродуктами // Системы. Методы. Технологии. - 2011. - № 11. - С. 168-179.
2. ГОСТ 12 038–84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М., 1984.
3. Колесников, С.И. и др. Биодиагностика экологического состояния почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами // Ростов н/Д: Изд-во Ростиздат, 2007. - 192 с.
4. Лапушова, Л.А., Васильев, С.И. Результаты исследования структуры полимерных сорбентов «Униполимер» для ликвидации техногенных разливов нефти и нефтепродуктов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. - № 6. - 2015. - с.17-21.
5. Маячкина, Н.В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки / Н.В. Маячкина, М.В. Чугунова // Вестн. Нижегород. ун-та. – 2009. – № 1. – С. 84–93.
6. Мелкозеров, В.М. Очистка нефтезагрязненных земель и водоемов Сибири с применением адсорбентов / В.М. Мелкозеров, С.И. Васильев, А.Я. Вельп, Л.Н. Горбунова, Ю.Л. Гуревич, В.П. Ладыгина, И.В. Трусей // Нефтепромысловое дело. – 2010. – №11. – С. 58–62.
7. Мелкозеров, В.М. и др. Сравнительный анализ характеристик полимерных сорбентов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. - №3. – 2013. – С.10-14.
8. Мелехова О.П. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. - М., 2008. - 288 с.
9. Методика выполнения измерений всхожести семян и длины корней проростков высших растений для токсичности техногенно загрязненных почв. ФР 1.39.2006.02264. - СПб., 2009. - 19 с.
10. Методы почвенной микробиологии и биохимии /Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 303 с.
11. Пиковский, Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводов в окружающей среде - М.: Изд-во МГУ, 1993. - 207 с.
12. Терехова, В.А. Биоиндикация и биотестирование в экологическом контроле // Использование и охрана природных ресурсов в России. Информационно-аналитический бюллетень. – 2007. – № 1. – С. 88–90.
13. Титова, В.И., Дабахова, Е.В., Дабахов, М.В. Агро- и биохимические методы исследования состояния экосистем: учеб. пособие для вузов / Нижегород. гос. с.-х. академия. – Н. Новгород: Изд-во ВВАГС, 2011. – 170 с.
14. Фомина, Н.В. Эколого-биохимическая характеристика почв рекреационных территорий / Фомина Н.В. // Монография. - Красноярск, 2015. – 152 с.