

ЭКО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОМ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ПОЧВЫ ПОСЛЕ ВНЕСЕНИЯ НЕФТЕСОДЕРЖАЩЕГО НЕФТЕСОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ДИГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

Горовых О.Г.¹, Жаховский А.М.²



¹Горовых Ольга Геннадьевна – кандидат технических наук, доцент, начальник лаборатории, ООО «Белспецкомплект», Минский городской технопарк, г. Минск;

²Жаховский Алексей Михайлович – учитель биологии, средняя школа № 23, г. Борисов; Республика Беларусь

Аннотация: после проведения работ по ликвидации аварийных разливов нефти образуются различные отходы, среди которых отработавший, насыщенный нефтью нефтесорбент. Одним из методов утилизации отработавшего нефтесорбента является его внесение в почву в допустимых количествах. В статье представлены результаты эко-токсикологической оценки почвы, после внесения в нее отработавшего нефтесорбента с использованием в качестве тест-организмов овса посевного и редьки масличной, а тест-реакций – энергия прорастания, всхожесть, длина корешка, высота проростка и сухая биомасса надземной массы и корней через 7 и 14 дней после всхожести семян. На основании проведенных исследований сделан вывод об отсутствии фитотоксичности рассматриваемого насыщенного НС при внесении его в почву количествах, не превышающих 23 г/м².

Ключевые слова: дигидрат сульфата кальция, биотестирование, почва, токсичность, нефтяное загрязнение, *Avena sativa*, *Raphanus sativus* L. *oleifera* Metzg.

Введение. При проведении работ по ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН), в подавляющем большинстве случаев используют нефтесорбенты (НС) различной природы: как неорганические, так и органические. По завершении работ по ЛАРН, образуются многочисленные отходы, в частности насыщенный нефтепродуктами сорбент. Утилизация НС в большинстве случаев [1, с.70–88] проводится методом сжигания или захоронения. Оба метода являются экологически неприемлемыми, так как, приводят к дальнейшему пролонгированному загрязнению окружающей среды.

Многими авторами отмечается [2, 3], что наличие нефти в почве иногда положительно влияет на растения. Начиная с 1973 года в литературе [4, 5] различными авторами предлагается использовать нефть, нефтепродукты, шламовые отходы в качестве противоэрозионных средств для закрепления песков и для улучшения их зарастания растениями в зоне пустынь и полупустынь. На ООО «Белспецкомплект» освоен выпуск неорганического НС на основе фосфогипса – отхода Гомельского химического завода. Неорганический НС представляет собой мелкодисперсный порошок (наибольший размер частиц d_{98} – 120 мкм, средний размер частиц d_{50} – 50 мкм) дигидрата сульфата кальция (ДГСК). Естественно, что после проведения ЛАРН, массу сорбента, насыщенного нефтью в той или иной мере, также необходимо утилизировать. Одно из экологически приемлемых решений, это внесение отработавшего НС в почву, особенно пустынные и полупустыне, для получения систем пригодных для зарастания их растениями, т.к. при этом повышается количество углерода в почве за счет УВ, а присутствие ДГСК способствует удержанию почвой воды от ее интенсивного испарения. Известно, что ДГСК рекомендован для внесения в почву в качестве мелиоранта [6]. Поэтому отходы, образовавшиеся при ЛАРН при использовании НС на основе ДГСК, возможно использовать для структурирования почвы и одновременного внесения небольшого количества органических веществ, в частности углеводов, поглощенных сорбентом, с возможным увеличением продуктивности полей.

Цель работы: определить возможность утилизации отходов отработавшего НС на основе мелкодисперсного ДГСК путем оценки состояния почвы методом биотестирования.

Объекты и методы исследования. В качестве тест-организма был выбран овес посевной (*Avena sativa* L.) – однодольное высшее растение, эукариот, автотроф, продуцент, с хорошо изученной биологией и экологией, и двудольное – редька масличная (*Brassica rapa* CrGC syn. *Rbr*). Тест-функциями выступали:

энергия прорастания и всхожесть (для овса посевного и редьки масличной), а длина проростка, высота корешка и сухая биомасса для овса посевного.

Энергию прорастания семян изучали по количеству проростков появившихся на 1, 2, 3 и 4-е сутки после замачивания их в соответствующих вытяжках в лабораторных условиях. Для каждого опыта и контроля брали по 50 семян.

НС смешивали с нефтяным шламом (НШ) в соотношении: 20 г (НШ) на 80 г НС на основе ДГСК. Это соотношение не является максимальной сорбционной емкостью для НС на основе ДГСК, но в условиях проведения ЛАРН максимального насыщения добиться невозможно. Выбор *нефтяного шлама*, был обусловлен наличием в нем смолистых и частично окисленных органических веществ, большей частью нелетучих углеводородов, которые при хранении подверглись трансформации, приводящему к потере легких летучих фракций и которые, наиболее тяжело поддаются преобразованию в природе. НШ образовался в результате механической очистки (вручную скребком) вертикальных стальных резервуаров после хранения в них в течение 2 лет сырой нефти месторождения Приграничное, находящегося в северной части Прикаспийской впадины, в окрестностях г. Уральск (Республика Казахстан).

Вытяжки готовили из навески смеси НШ и НС массой 25 г и 300 мл водопроводной воды, настаивали в течение 1,5 часа и отфильтровали. Фильтрат разбавляли водой с получением растворов с концентраций вытяжки: 33, 66 и 100 %. *Всхожесть* определяли в соответствии с [7], причем использовали емкости двух размеров: размер «М» – 10,5x13x6,5 см³ и размер «Б» – 12,5x17x6,5 см³. Проверку фитотоксичности насыщенного НС осуществляли, опираясь на [8]. Для выравнивания условий освещения лотки ежедневно перемещали, меняя местами со сдвигом на один лоток влево, и вращая их на 180 ° по часовой стрелке.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 показаны полученные данные энергии прорастания редьки масличной (проведено 1800 измерений).

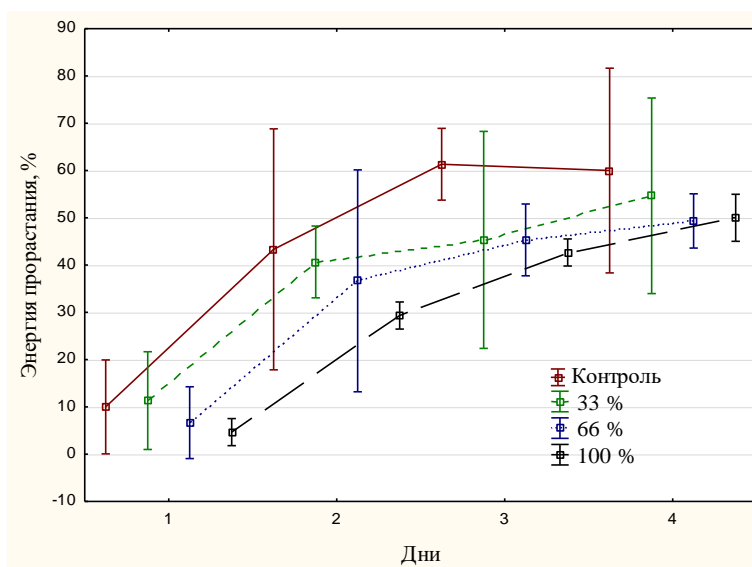


Рис. 1. Энергия прорастания редьки масличной.

Представленные на рис. 1 результаты показывают, что энергия прорастания зерен редьки масличной в водных вытяжках из насыщенного нефтью НС (ДГСК) всегда меньше, чем энергия прорастания в чистой водопроводной воде. Причем чем больше концентрация нефтепродуктов, тем энергия прорастания ниже, снижение энергии прорастания достигает 13 % на второй день наблюдений, затем незначительно сокращается. Все корни у проростков, проращивание которых проводилось с использованием водных вытяжек из отработавшего сорбента, были покрыты в той или иной степени черной плесенью.

На рис. 2 представлены результаты энергии прорастания овса посевного.

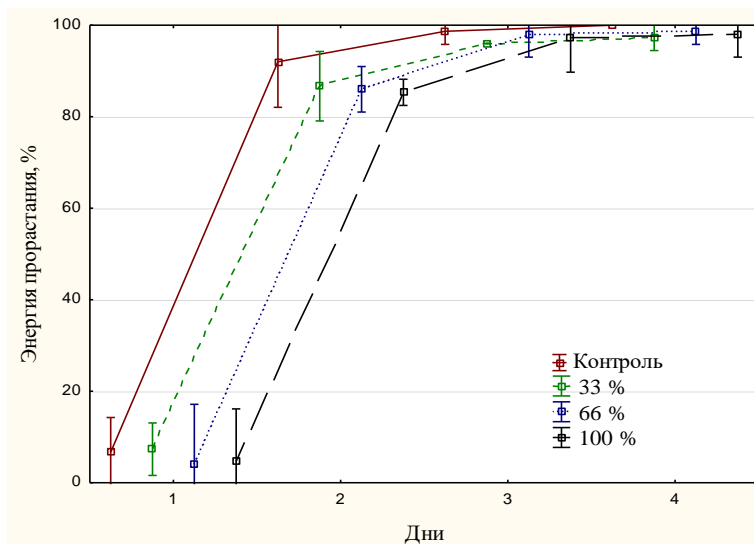


Рис. 2. Энергия прорастания овса посевного.

На энергию прорастания овса посевного водные вытяжки оказывают, по сравнению с редькой масличной, меньший эффект, почти исчезающий на четвертый день наблюдений. Но эффект совпадает с результатами, полученными для редьки масличной, чем выше концентрация вытяжки из насыщенного НС, тем энергия прорастания ниже, к четвертому дню прорастания разница в энергии прорастания не превышает 3 %.

На рис. 3 и рис. 4 показаны средняя длина корней и побегов у семян овса посевного по истечении четырех суток после начала их прорастания (1200 измерений).

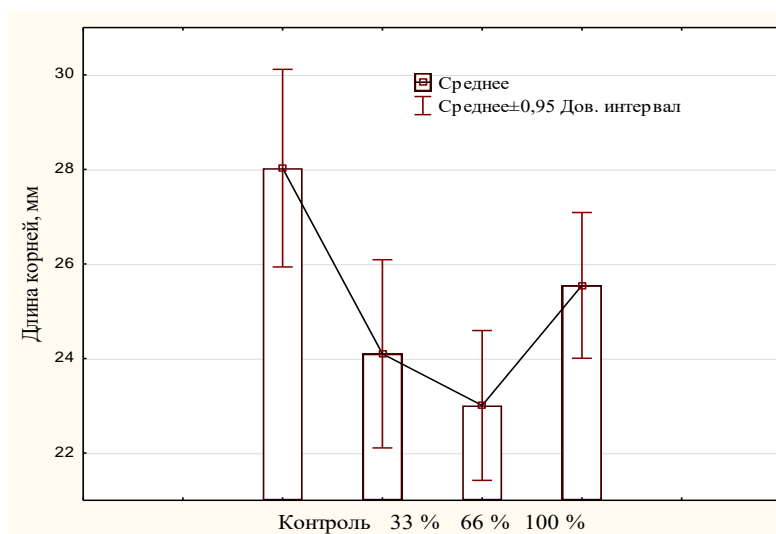


Рис. 3. Средняя длина корней у семян овса посевного.

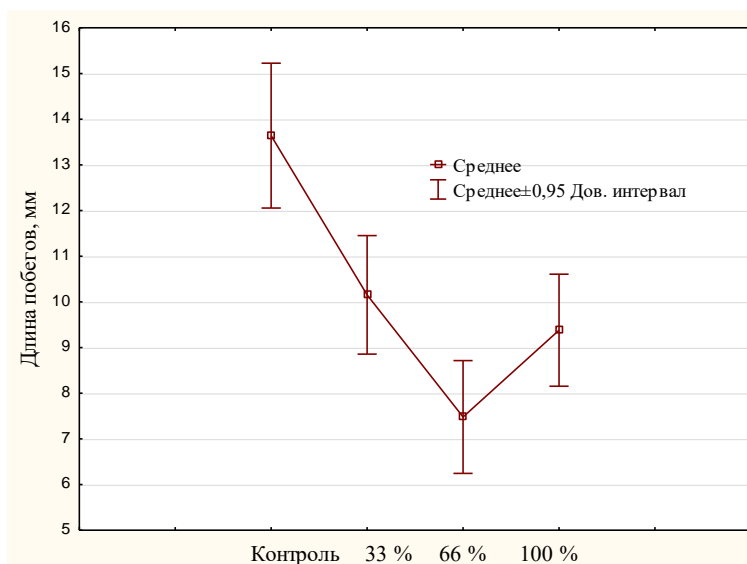


Рис. 4. Средняя длина побегов овса посевного.

Полученные результаты показали, что длина побегов и корней у семян овса посевного, проращиваемых в смоченных чистой водой фильтрах, была больше, чем при наличии вытяжки из приготовленной смеси НШ с НС. Причем наблюдался максимум этого влияния (уменьшение и длины корней и длины побегов) при 66 % вытяжки, снижение составило 13 % у корней и 50 % у побегов. Примечательно, что количество зеленых побегов было наибольшим на второй день проращивания в пробах со 100 % вытяжкой.

Определение всхожести.

Результаты всхожести овса посевного и редьки масличной представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Всхожесть овса посевного.

Сутки	Всхожесть, емкость «Б», %		Всхожесть, емкость «М», %	
	контроль	опыт	контроль	опыт
0	посев			
1	70	70	83	100
2	100	95	100	100
3	100	100	100	100

Результаты всхожести овса посевного показывают, что внесение насыщенного НС в указанных количествах не оказывает влияния на его всхожесть.

Таблица 2. Всхожесть редьки масличной.

Сутки	Всхожесть, %		Всхожесть, %	
	Контроль	Контроль	Опыт	Опыт
0	посев			
4	0	0	12,5	12,5
5	25,0	0	18,7	18,8
7	50,0	12,5	31,3	37,5
10	56,3	12,5	43,8	43,8
10	34		44	

Внесение насыщенного НС увеличивает всхожесть редьки масличной по сравнению с контрольными посевами на 10 %.

Измеренная длина побегов и сухой массы корней и ростков (с периодичностью в семь дней в течение четырех недель) показывает, что итоговая масса побегов оказалась на 10 % больше массы побегов в контрольных лотках (без внесения насыщенного нефтесорбента), а масса корней на 23 % больше, чем массы корней в контрольных посевах. Длина корней и побегов также превышала аналогичные показатели контрольных посевов овса. На основании проведенных исследований можно делать вывод об отсутствии фитотоксичности рассматриваемого насыщенного НС во внесенных в почву количествах, равных 23 г/м².

Таким образом, если в результате чрезвычайной ситуации с разливов нефти массой 200 кг (наиболее часто встречающееся количество разлившихся нефтепродуктов) и применения НС на основе ДГСК, количество отходов с доведением в них концентрации нефти до 20 % составит 1 т, тогда для ее безопасной утилизации естественными почвенными возможностями необходима площадь 4 га.

Таблица 3. Длина и сухая масса побегов овса посевного (апрель).

Образцы	7 дней после всходов		14 дней после всходов	
	Длина побега, мм	Масса одного побега, г	Длина побега, мм	Масса одного побега, г
Опыт «Б»	9,3±0,9	0,0257	46,4±2,9	0,1787
Контроль «Б»	9,1±0,6	0,0167	47,5±5,1	0,2005
Опыт «М»	9,5±0,7	0,0229	45,8±9,2	0,1903
Контроль «М»	9,5±0,6	0,0213	44,5±11,9	0,1925

Из результатов, представленных в табл. 3 следует, что по истечению 7 дней в больших емкостях выявлено положительное влияние, при внесении насыщенного нефтесорбента, на рост побегов как по длине – 3 %, так и по массе – 34 %, в малых емкостях это влияние положительное, но более слабо выражено и составляет по длине 0,6 %, а по массе 0,1 %. Такое явление было замечено многими авторами, при переходе на большие объемы почвы при одинаковой концентрации поллютанта, его влияние на фито-объект снижается. По истечению 14 дней положительное влияние исчезает в больших емкостях и остается в малых.

Выводы. Внесение небольшого количества отработавшего НС на основе ДГСК приводит к незначительному повышению продуктивности наземной части овса посевного. Одно из необходимых условий ассимиляции нефтяных разливов это разделение его на возможно мелкие частицы, возможность повышения общей поверхности контакта нефтяных соединений с атмосферой и, водой и микроорганизмами, что обеспечивается при использовании НС на основе ДГСК. На основании проведенных исследований можно делать вывод об отсутствии фитотоксичности рассматриваемого насыщенного НС при внесении его в почву количествах, не превышающих исследуемые величины, а именно не более 23 г/м².

Список литературы

1. Собгайда Н.А., Ольшанская Л.Н. Сорбенты для очистки вод от нефтепродуктов. Саратов: Саратовский гос. технический ун-т, 2010. 107 с.
2. Назаров А.В. Микробно-растительное взаимодействие при нефтяном загрязнении дерновоподзолистых почв Пермского Предуралья.: Дис.... канд. биол. наук. Пермь, 2000. 142 с.
3. Иларионов С. А., Калачникова И.Г. Роль микромицетов в фитотоксичности нефтезагрязненных почв // Экология. 2003. № 5. С. 341–346.
4. Леонтьев А.А., Ким В.И. Новые методы закрепления и облесения песков // Защитное лесоразведение на песчаных территориях Средней Азии. Ташкент: СредазНИИЛ, 1973. С. 43–48.
5. Подгорнов А.С. Закрепление подвижных песков химическими способами // Природные условия и ресурсы пустынь СССР, их рациональное использование. М.: 1984. С. 402–406.
6. Локтионов М.Ю. Экологические аспекты применения нейтрализованного фосфогипса на лугово-черноземной почве в сельскохозяйственном производстве Краснодарского края.: Дис. ... канд. биол. наук. Москва, 2013. 137 с.
7. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести.
8. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений.