DOI: 10.17117/na.2015.08.1193

Поступила (Received): 30.08.2015

<http://ucom.ru/doc/na.2015.08.1193.pdf>

Заикина В.Н., Околелова А.А., Кастерина Н.Г. Пути трансформации нефтепродуктов в светло- каштановых почвах

Zaikina V.N., Okolelova A.A., Kasterina N.G.
The way of transformation of oil products in light-chestnut soils

В данной статье охарактеризована самоочищающая способность почв (испарение, сорбция), которая заключается в удалении нефтепродуктов из них. В качестве объектов изучения выбраны: светло-каштановая глинистая (АЗС № 1 г. Волжского) и светло-каштановая песчаная (АЗС № 3 г. Волжского) почвы. В ходе анализа были определены: степень испарения нефтепродуктов из этих почв в зависимости от времени экспозиции и глубина проникновения бензина марки А-80 в почвенный профиль

Ключевые слова: светло-каштановая глинистая и песчаная почвы, самоочищающая способность почв, степень испарения нефтепродуктов, детоксикация почв

Заикина Вероника Николаевна

Аспирант

Волгоградский государственный технический университет

г. Волгоград, пр. Ленина, 28

Околелова Алла Ароновна

Доктор биологических наук, профессор

Волгоградский государственный технический университет

г. Волгоград, пр. Ленина, 28

Кастерина Надежда Геннадьевна

Кандидат биологических наук

Волжский политехнический институт (филиал)

Волгоградская обл., г. Волжский, ул. Энгельса, 42 А

In this paper, we study the self-cleaning ability of the soil (evaporation, sorption), which is the removal of oil products from them. As objects of investigation: light brown clay (the gas station number 1, Volgzhsky) and sandy (the gas station number 3, Volgzhsky) soils. The analysis was determined evaporation rate of petroleum products from these soils depending on the exposure time and the degree of penetration of petrol A-80 in the soil profile

Key words: light brown clay and sandy soils, the self-cleaning ability of the soils, the degree of evaporation of oil products, detoxication of soils

Zaikina Veronika Nikolaevna

Postgraduate

Volgograd state technical university

Volgograd, Lenin Avenue, 28

Okolelova Alla Aronovna

Doctor of Biological Sciences, Professor

Volgograd state technical university

Volgograd, Lenin Avenue, 28

Kasterina Nadezhda Gennadevna

Candidate of Biological Sciences

Volzhskiy polytechnic institute (branch)

Volgograd reg., Volzhsky, Engels st., 42 A

Загрязнение почвы НП может возникнуть при различных аварийных ситуациях в районах добычи и переработки нефти, при прорывах нефтепроводов в результате их коррозии, что вызывает утечку и разливы нефтепродуктов (НП) на поверхности почвы, а также в местах распределения НП (например, на

АЗС) и в других случаях. Поступление в почвы органических и минеральных компонентов при загрязнении продуктами нефтепромысла вызывает значительные изменения их свойств и условий произрастания растений. Часто геохимическая трансформация почв при загрязнении НП ведет к их деградации и потере почвенного плодородия [2].

Процесс самоочищения почв от нефтепродуктов достаточно длителен и зависит как от состава поступивших в почву НП, так и от почвенно-геохимических условий загрязненной территории: кислотно-основных, сорбционных, окислительно-восстановительных свойств почв, а также от гранулометрического состава почв и почвообразующих пород, водного режима, биологической активности [2, с. 105].

Одной из мощной самоочищающей способностей почв является удаление нефтепродуктов, в первую очередь, процесс связан с их испарением [1, 6, 8, 10, 11]. По мнению Ю. В. Трофименко [12] легкие нефтепродукты в большинстве своем разлагаются и испаряются еще с поверхности почвы, быстро смываются водой. Содержание нефтепродуктов в почве в результате сокращается на 20-40 %.

Опыты по изучению динамики испарения были проведены по методике, описанной нами ранее [4, с. 24, 25, 5]. Объектами послужили светло-каштановая глинистая (АЗС № 1) и светло-каштановая песчаная (АЗС № 3) почвы с содержанием органического углерода соответственно 5,20 и 69,00 %. Отбор проб, подготовку почв к анализу проводили по ГОСТу 17.4.4.02-84. Содержание углерода в почве определяли на «Флюорате 02-3М ЛЮМЭКС». Глубину проникновения бензина марки А-80 в почвенный профиль проводили непосредственно на территории АЗС, в прикопках глубиной 30 см. На расстоянии 5 см от их краев выливали 100 мл бензина, а край прикопки со стороны разлива зачищали ножом [4, с. 35]. Практически сразу в профиле появились локальные пятна нефтепродуктов. По их следам в профиле визуально устанавливали глубину их проникновения в трехкратной повторности.

Глубину проникновения раствора хитозана в почвенный профиль определяли с помощью модельного опыта. В мерные цилиндры емкостью 100 мл перенесли по 100 г воздушно-сухой навески почвы. В каждый цилиндр добавляли по 100 мл 0,1% раствора хитозана. Все исследования проводили в трехкратной повторности.

Глубину проникновения хитозана определяли визуально с помощью линейки [4, с. 35]. Результаты опытов испарения нефтепродуктов из светло-каштановых почв различного гранулометрического состава приведены в таблице 1.

Количество испарившегося нефтепродукта определяли по формуле:

$$C_{\text{исп}} = C_{\text{фон}} - C_{\text{орг}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{исп}}$ – количество органического углерода, улетучившегося при испарении нефтепродуктов с поверхности почв, %; $C_{\text{фон}}$ – количество органического углерода в почве до начала опыта, %; $C_{\text{орг}}$ – количество органического углерода в почве после опыта, %, определяли каждые 2, 4, 6, 8, 10 сутки.

Таблица 1. Показатели испарения нефтепродуктов из почв

Показатели	Срок экспозиции, сутки				
	2	4	6	8	10
глинистая почва, АЗС № 1*					
$C_{орг}$	4,24	3,78	2,97	2,52	1,88
$C_{исп}$	0,96	1,27	1,27	0,45	0,64
S_i	18,46	22,64	42,76	17,86	34,01
песчаная почва, АЗС № 3*					
$C_{орг}$	39,25	25,48	15,41	8,31	5,52
$C_{исп}$	29,5	14,02	10,07	7,10	2,79
S_i	74,68	55,02	65,35	85,44	50,54

Примечание: * – расчет приведен нарастающий итогом. Начальное содержание $C_{орг}$ в почвах АЗС № 1 и № 3 было соответственно 5,20 и 69,00% ($C_{фон}$)

Степень испарения самих нефтепродуктов с поверхности почвы определяли по формуле:

$$S_i = C_{исп} / C_{фон} \quad (2),$$

где S_i – доля нефтепродуктов, испарившихся с поверхности почвы, $C_{исп}$ – количество испарившегося НП соответственно из загрязненной почвы; $C_{фон}$ – количество органического углерода в загрязненной почве.

Степень испарения S_i в почве АЗС № 1 определяли как разницу между начальным и конечным содержанием органического углерода:

$$5,20 - 1,88 = 3,32\%.$$

Затем рассчитывали эту величину в процентах от исходного содержания:
 $(3,32 / 5,20) \times 100 = 63,85\%$.

Таким образом, в почве через 10 суток осталось 63,85% $C_{орг}$ от первоначального его содержания, а испарилось, соответственно 36,15%.

Аналогичные расчеты для территории АЗС № 3 показали, что в почве осталось 8% $C_{орг}$ от первоначального его содержания, а испарилось, соответственно, 92%.

Анализ таблицы 1 выявил неравномерность испарения нефтепродуктов с поверхности почвы. С увеличением времени экспозиции степень испарения возрастает. С поверхности светло-каштановой глинистой почвы отмечено интенсивное испарение нефтепродуктов на шестые сутки (42,76%). Минимальная степень испарения выявлена на восьмые и вторые сутки опыта, соответственно 17,86 и 18,46%. В светло-каштановой песчаной почве наибольшее испарение было отмечено на 8 сутки (85,45), наименьшее – на 4 и 10 сутки, соответственно 55,02 и 50,54%. Для уточнения механизма трансформации НП в почвах нами был заложен полевой опыт по определению глубины их проникновения в почвенный профиль (таблица 2).

Опыт показал, что глубина проникновения НП в нижележащие горизонты незначительная, но выше в почвах легкого гранулометрического состава. Она достигает в среднем 12,67 см, варьируя от 10 до 15 см по сравнению со светло-каштановой глинистой почвой, в которой глубина проникновения поллютантов составляет всего 2,83 см, диапазон колебаний от 1 до 5 см.

Роль микроорганизмов и растительности в детоксикации нефтезагрязненных почв описана нами ранее [4, с. 67–69].

Для снижения внутри профильной миграции НП и детоксикации почв предложено применение хитозана. Ранее нами было показано, что данный метод позволяет снизить количество нефтепродуктов в светло-каштановых песчаных почвах: твердым сорбентом (мелко измельченным) – в 1,86–4,52 раза; 0,1 % раствором – в 1,77–4,77; 0,05 % раствором – в 1,15–3,44 раза); в светло-каштановых глинистых почвах: твердым сорбентом – в 17,73–77,41; 0,1 % раствором хитозана – в 10,19–25,15 [5]. Очевидно, что хитозан позволяет более эффективно понижать содержание нефтепродуктов в глинистых почвах, независимо от его агрегатного состояния.

В результате проведенных нами модельных опытов было установлено следующее. Глубина проникновения 0,1 % раствора хитозана зависит от типа почв – в светло-каштановых: песчаных 17–20 см, в глинистых – 10–15 см, в аллювиальной супесчаной – 9–14 см. Раствор сорбента проникает в почвенный профиль глубже, чем НП: в светло-каштановой глинистой почве – на 9–14 см, в светло-каштановой песчаной – на 2–10 см. Это позволяет предложить использование хитозана для ускорения трансформации нефтепродуктов в почвенном профиле.

Таблица 2. Глубина проникновения бензина А-80 в почвенный профиль, см

Тип почв, объект исследования	Глубина проникновения			
	Повторность			Среднее
	I	II	III	
Светло-каштановая глинистая, АЗС № 1	1,00	2,50	5,00	2,83
Светло-каштановая песчаная, АЗС № 3	10,00	13,00	15,00	12,67

Для предупреждения токсикации почв, считаем целесообразным при строительстве АЗС создавать сорбционный барьер из прослоек песка мощностью до 5 см, и слоя хитозана до 1 см. Наиболее оправдано применение двух-трех слоев. Первый слой можно сделать из более крупного строительного песка ($d_4=2,5-3,0$ см), следующий – из речного песка ($d_4=2,0-1,5$ см). Для ликвидации разлива на почве тяжелого гранулометрического состава предлагаем равномерно распределять мелко измельченный сорбент по ее поверхности, на песчаных почвах применять раствор хитозана [4].

С учетом эффективного испарения нефтепродуктов из почвы в первые 10 суток предлагаем при выявлении загрязнения почв нефтепродуктами использовать хитозан через 7-10 суток после их токсикации, для нейтрализации оставшихся поллютантов.

Выводы

1. Степень испарения нефтепродуктов с поверхности светло-каштановых почв в первые 10 суток выше в светло-каштановой песчаной почве и составляет 50,54 %, в светло-каштановой глинистой – 34 %. Максимальное испарение

нефтепродуктов в светло-каштановой песчаной почве отмечено на 6 сутки. В светло-каштановой глинистой почве – на 2 и 8 сутки.

2. Глубина проникновения нефтепродуктов в почвенный профиль зависит от их гранулометрического состава, в светло-каштановых песчаных почвах составляет 10-15 см, в светло-каштановых глинистых – 1–5 см.

3. Хитозан глубже проникает в почвенный профиль в почвах легкого гранулометрического состава. В светло-каштановых песчаных почвах до 17–20 см. в светло-каштановых глинистых – до 10–15 см.

4. Раствор сорбента проникает в почвенный профиль глубже, чем НП: в светло-каштановой глинистой почве – на 9–14 см, в светло-каштановой песчаной – на 2–10 см. Это ускоряет трансформацию нефтепродуктов в почвенном профиле.

5. Эффективность трансформации НП в светло-каштановой песчаной почве выше, чем в светло-каштановой глинистой.

6. Хитозан более эффективно понижать содержание в почвах нефтепродуктов в глинистых почвах, независимо от его агрегатного состояния.

Список используемых источников:

1. Безуглова О.С. Диагностика состава и свойств почв. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2008. 124 с.
2. Ежегодник. Загрязнение почв Российской Федерации токсикантами промышленного происхождения в 2009 году. Обнинск: ВНИИГМИ-МДЦ, 2010. 139 с.
3. Казеев К.Ш., Колесников С.И. Биодиагностика почв: методология и методы исследований. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2012. 260 с.
4. Кокорина Н.Г., Околелова А.А., Голованчиков А.Б. Детоксикация нефтезагрязненных почв хитозаном. Волгоград: ВолгГТУ, 2012. 204 с.
5. Кокорина Н.Г., Околелова А.А., Голованчиков А.Б. Новый способ детоксикации нефтезагрязненных почв хитозаном // Почвоведение. 2013. № 12. С. 1516-1522.
6. Колесников С.И., Татлок Р.К., Тлехас З.Р., Казеев К.Ш., Денисова Т.В., Даденко Е.В. Биодиагностика устойчивости предгорных и горных почв западного кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2013. № 1. С. 30-34.
7. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. М.: Высш. шк., 2001. 273 с.
8. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнений. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 323 с.
9. Мажайский Ю.А. Повышение экологической устойчивости мелиорируемых агроландшафтов // Плодородие. Теоретический и научно-практический журнал. 2002. № 3(6). С. 21-22.
10. Мажайский Ю.А. Агроэкологический мониторинг как основной критерий комплексной характеристики источников экологической опасности // Международный государственный экологический университет им. А.Д. Сахарова. Минск. 2011. № 2(16). С. 141–144.
11. Околелова А.А., Желтобрюхов В.Ф. Нефтепродукты в почвах и методы их анализа. Волгоград: ВолгГТУ, 2013. 131 с.
12. Трофименко Ю.В. Экологические проблемы при эксплуатации автомобильного транспорта // Экология и промышленность России. 2002. Апрель. С. 24-27.