

ВЛИЯНИЕ НЕФТИ НА ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО ЮЖНОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

Процесс деградации почв и ландшафтов в настоящее время представляет собой глобальное явление и стоит в ряду главных проблем экологии и почвоведения. Среди множества факторов деградации почв особое место занимает загрязнение её нефтью. Изменение свойств почвы при загрязнении нефтью, а также процессы ее миграции, аккумуляции и метаболизма зависят от физико-химического состава и количества пролитой нефти, почвенно-климатических и ландшафтных условий, типа почвы, наличия тех или иных биохимических барьеров, каналов миграции и диффузии в почвенном профиле. При нефтяном загрязнении прежде всего заметно меняются химические свойства почв.

Последствия загрязнения почвы нефтью зависят от состава углеводородного сырья, его концентрации и распределения в почвенном профиле, от срока экспозиции. Особенно негативное воздействие оказывает на почвы сырая нефть, которая приводит к изменению химических свойств почв и к сильнейшему их засолению. Нефтяное загрязнение вызывает резкое увеличение содержания органического углерода в почвах с 3,5 до 9,8% и способствует ухудшению азотного режима почв (отношение C:N колеблется от 30 до 289) и снижению содержания подвижных форм фосфора (в среднем в 3,5 раза). Загрязнение почв товарной нефтью (обессоленной и обезвоженной) не сказывается на кислотно-щелочном балансе почв, а сырая нефть вызывает подщелачивание различной степени почвенного раствора, что находится в зависимости от концентрации нефти. Анализ водной вытяжки загрязненных нефтью почв показал, что при загрязнении сырой нефтью резко увеличилось содержание сухого остатка, характер засоления определяется накоплением ионов натрия и хлора, что сопровождается резким снижением содержания ионов кальция в почвенном растворе.

Ключевые слова: чернозем, нефтяное загрязнение, сырая и товарная нефть, химические свойства почв.

Введение

Процесс деградации почв и ландшафтов в настоящее время представляет собой глобальное явление и стоит в ряду главных проблем экологии и почвоведения. Усиление агро- и техногенных воздействий, сопровождающееся прогрессирующим ухудшением свойств и режимов почвы, создает реальную угрозу сокращения или полной утраты ее экологических и производительных функций. На протяжении последних десятилетий ведущим фактором деградации почв и почвенный покров Южноуральского региона являлось его бессистемное сельскохозяйственное использование. Немалый вред экологическому состоянию почв наносят добывающая и перерабатывающая отрасли промышленности.

Среди множества факторов деградации почв особое место занимает загрязнение её нефтью. Изменение свойств почвы при загрязнении нефтью, а также процессы ее миграции, аккумуляции и метаболизма зависят от физико-химического состава и количества пролитой нефти, почвенно-климатических и ландшафтных условий, типа почвы, наличия тех или иных биохимических барьеров, каналов миграции

и диффузии в почвенном профиле. При нефтяном загрязнении прежде всего заметно меняются химические свойства почв.

Объекты и методы

Лабораторный эксперимент по загрязнению почв нефтью проводился на образцах чернозема обыкновенного среднemosного (гор. А+В=43–45 см) малогумусного (содержание гумуса 5,5–5,8%) тяжелосуглинистого. Почва была загрязнена 1, 5, 10, и 15% концентрациями сырой и товарной нефти. В качестве контроля использовались не загрязненная почва (многолетняя залежь).

Образцы отбирали из слоя почвы 0–20 см, лабораторно-аналитические исследования проводили в соответствии с принятыми в почвоведении методами: определение содержания органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (1993); определение аммония проводилось колориметрическим методом, легкорастворимых фосфатов – по методу Чирикова, химического состава водных вытяжек и состава грунтовых вод для засоленных почв по методике, введенной в действие приказом Министерства сельского хозяйства СССР от 20

августа 1976 г. №173. Математическая обработка данных производилась с помощью пакета программ Microsoft Office Excel и Statistic 6.0 [1]–[3].

В качестве загрязнителя была использована товарная (обессоленная и обезвоженная) и сырая нефть с Зайкинского месторождения Первомайского района Оренбургской области.

Результаты и их обсуждение

Исследования органического вещества в нефтезагрязненных почвах показали, что

общее его содержание не зависит от качества нефти и возрастает с увеличением концентрации загрязнителя. Вероятно, что увеличение органического вещества в почвах, загрязненных нефтью, связано с тем обстоятельством, что в составе этого природного углеводорода на углерод приходится 83–87%, который при попадании в верхние горизонты почв входит в состав суммы их органических соединений. На рисунке 1 показана прямая зависимость между концентрацией нефти и содержанием органического вещества почв, которая описы-

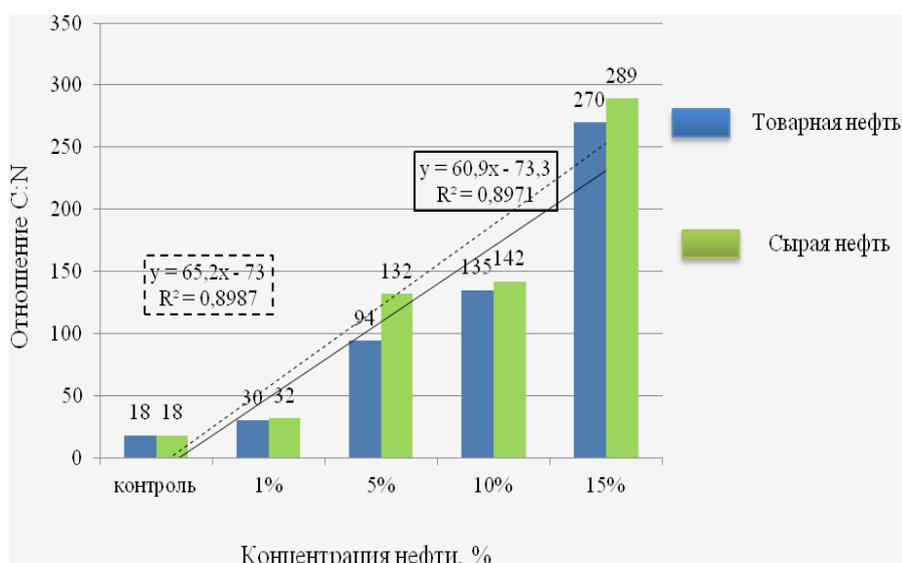


Рисунок 2. Отношение C:N в почве, загрязненной нефтью

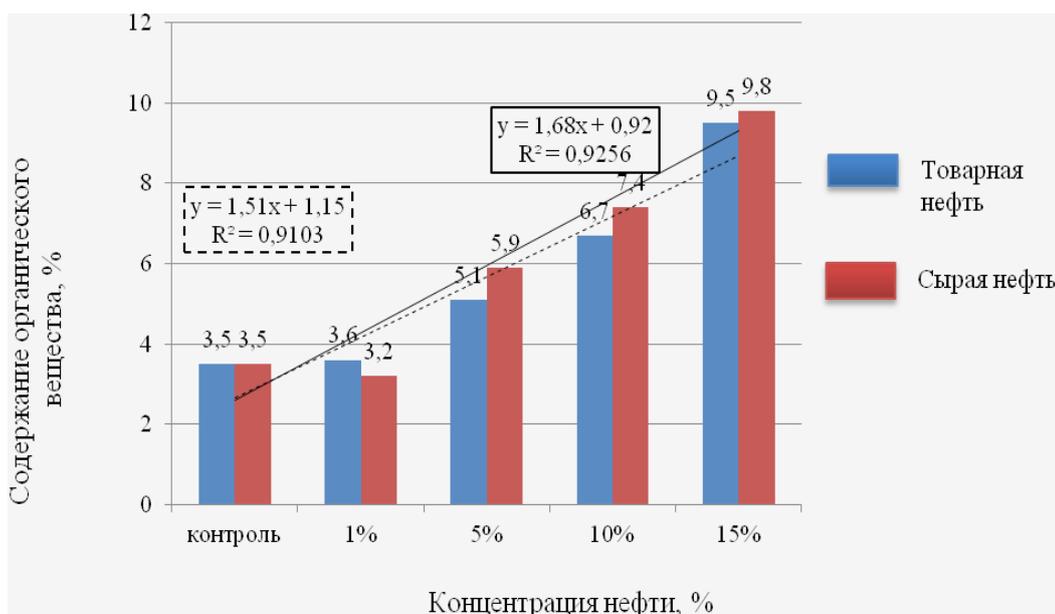


Рисунок 1. Содержание органического вещества в почве, загрязненной нефтью

описывается уравнением следующего вида: $y = 1,51x + 1,15$; $R^2 = 0,9103$ (загрязнение товарной нефтью); $y = 1,68x + 0,92$; $R^2=0,9256$ (загрязнение сырой нефтью).

Выявлено, что с ростом содержания привнесенного углерода происходит увеличение отношения C:N. При этом изменения содержания общего азота не значительны. Ранее установлено, что чем ниже отношение C:N, тем выше подверженность органического вещества минерализации. Наиболее благоприятные условия для микробного гидролиза органических веществ почв складываются при величинах отношений C:N от 10 до 20 [4]–[6].

В исследуемых образцах нефтезагрязненной почвы отношение C:N колеблется от 30 до 289 и зависит от количества привнесенного углеро-

да (рис. 2). Такое соотношение кардинально меняет условия поступления питательных веществ в растения, приводит к ухудшению азотного режима почв и нарушению корневого питания культур. Подавление процессов нитрификации начинается уже при уровне загрязнения 1 % и достигает максимума при 15 % загрязнении почв нефтью. При этом не выявлена достоверная разница между загрязнением товарной и сырой нефтью, поскольку, не зависимо от качества нефти, наблюдается сдвиг соотношения C:N в сторону увеличения органического углерода.

Существенные изменения происходят во фракционном составе азота органического вещества почв. В нефтезагрязненных почвах значительно уменьшается содержание легкодоступных форм азота (в среднем в 3,5 раза).

Таблица 1. Содержание элементов минерального питания и pH почв, загрязненной нефтью

Концентрация нефти, %	pH	N-NH ₄ , мг/мк	N-NO ₃ , мг/мк	P ₂ O ₅ , мг/100 г
Товарная нефть				
0 (контроль)	7,9	9,2	5,3	1,9
1	8,0	11,8	5,1	1,7
5	7,9	6,8	2,1	0,9
10	7,9	3,1	0,6	0,5
15	8,0	0,2	сл	0,1
Сырая нефть				
0 (контроль)	7,8	9,2	5,3	1,9
1	8,1	7,5	3,2	0,8
5	8,3	4,1	0,7	0,7
10	8,5	0,3	сл	0,2
15	8,9	сл	сл	0,1

Таблица 2. Состав водной вытяжки почв, загрязненных нефтью

Концентрация нефти, %	Сухой остаток, %	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Сумма анионов	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Сумма катионов	Na ⁺ +K ⁺ по разности
		%							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Чернозем обыкновенный загрязненный товарной нефтью									
0 (контроль)	0,12	0,029	0,028	0,023	0,080	0,020	нет	0,020	0,085
1	0,16	0,031	0,031	0,028	0,090	0,021	нет	0,021	0,091
5	0,14	0,029	0,035	0,025	0,089	0,018	нет	0,018	0,086
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	0,17	0,030	0,032	0,024	0,086	0,009	нет	0,009	0,089
15	0,15	0,034	0,034	0,026	0,094	0,007	нет	0,007	0,090
Чернозем обыкновенный загрязненный сырой нефтью									
0 (контроль)	0,12	0,029	0,028	0,023	0,080	0,050	нет	0,050	0,085
1	0,60	0,024	0,130	0,042	0,196	0,047	0,003	0,050	0,123
5	1,27	0,038	0,250	0,064	0,352	0,042	нет	0,042	0,390
10	2,89	0,079	0,830	0,071	0,980	0,032	нет	0,032	0,965
15	3,26	0,085	1,325	0,079	1,489	0,030	нет	0,030	1,12

Наряду с ухудшением азотного режима происходит уменьшение содержания подвижных форм фосфора как в образцах, загрязненных сырой нефтью, так и при загрязнении товарной нефтью (табл. 1).

Изменение кислотности почв зависит, прежде всего, от качества нефти и содержания в ней высокоминерализованных пластовых вод. Из таблицы 1 видно, что при загрязнении почвы товарной нефтью, независимо от исходной дозы, кислотный режим остается без достоверных изменений. При загрязнении почв сырой нефтью отмечается последовательное подщелачивание почвенного раствора с 7,8 в незагрязненном черноземе до 8,9 при загрязнении 15%. Это обусловлено хлоридно-натриевым составом пластовых вод, количество которых в сырой нефти может быть очень высоким.

Хлоридно-натриевое засоление почв, сопровождающее нефтяное загрязнение, приводит к осолонцеванию почв и сложной многофазовой перестройке почвенно-поглощающего комплекса (ППК). Ионы натрия вытесняют из ППК кальций и магний, на долю которых приходится основная часть обменных катионов в чистой почве. В целом поглощательная способность почв снижается, что определяется не только уменьшением количества поглощенных катионов, но и утратой их способности обмениваться из-за обволакивания почвенных коллоидов нефтяной пленкой [7]–[9].

Высокое содержание натрия в почвенном растворе вызывает активное вытеснение Ca^{2+} благодаря чему натрий занимает его место в ППК, что, в свою очередь, является важной составляющей солонцового процесса.

Из таблицы 2 видно, что в почвах, загрязненных товарной нефтью, состав солей водной вытяжки остается практически неизменным. Достоверные изменения наблюдаются лишь в снижении содержания ионов и относительном увеличении доли катионов. В образцах почв загрязненных сырой нефтью резко увеличилось содержание сухого остатка: от 0,12%

в контрольном образце до 3,26% при максимальном уровне загрязнения.

Характер засоления определяется накоплением ионов натрия и хлора, количество которых по сравнению с контролем возрастает в 13 и 47 раз при 15% загрязнении. В солевой вытяжке содержание ионов кальция снижается на фоне резкого увеличения ионов натрия с 0,050% на контроле до 0,030% при максимальном загрязнении. При 1% загрязнении почвы сырой нефтью наблюдается средняя степень засоления, при 5% – сильное, а 10 и 15% загрязнение определяет очень сильную степень хлоридно-натриевого засоления почв.

Заключение

Последствия загрязнения почвы нефтью зависят от состава углеводородного сырья, его концентрации и распределения в почвенном профиле, от срока экспозиции. Почва, загрязненная нефтью, становится не способной полноценно выполнять свои экологические функции в ландшафте. Особенно негативное воздействие оказывает на почвы сырая нефть, которая приводит к изменениям химических свойств почв и к сильнейшему их засолению. Нефтяное загрязнение вызывает резкое увеличение содержания органического углерода в почвах и способствует ухудшению азотного режима почв и снижению содержания подвижных форм фосфора.

Загрязнение почв товарной нефтью (обессоленной и обезвоженной) не сказывается на кислотно-щелочном балансе почв, а сырая нефть вызывает подщелачивание различной степени почвенного раствора, что находится в зависимости от концентрации нефти. Анализ водной вытяжки загрязненных нефтью почв показал, что при загрязнении сырой нефтью резко увеличилось содержание сухого остатка, характер засоления определяется накоплением ионов натрия и хлора, что сопровождается резким снижением содержания ионов кальция в почвенном растворе.

8.09.2015

Список литературы:

1. Аринушкина, Е.В. Руководство по химическому анализу почв [Текст] / Е.В. Аринушкина. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 488 с.
2. Агрохимические методы исследования почв [Текст]. – М.: Наука, 1976. – 656с.
3. Дмитриев, Е.А. Математическая статистика в почвоведении [Текст] / Е.А. Дмитриев. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1992. – 400 с.

4. Гилязов, М. Ю. Изменение некоторых агрофизических свойств выщелоченного чернозема при загрязнении товарной нефтью в условиях Татарстана [Текст] / М. Ю. Гилязов // Почвоведение. – 2002. – №12. – С. 1515-1519.
5. Халимов, Э. М. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти на свойства почвы [Текст] / Э. М. Халимов, С. М. Левин, В. С. Гузев // Вестник Московского университета. Сер. 17, Почвоведение. – 1996. – №2. – С. 59-64.
6. Хазиев, Ф. Х. Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активации разложения нефти [Текст] / Ф. Х. Хазиев, Ф. Ф. Фатхиев // Агрохимия. – 1981. – №10. – С. 102-111.
7. Пиковский, Ю. И. Проблемы диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами [Текст] / И. Ю. Пиковский [и др.] // Почвоведение. – 2003. – №9. – С. 1132-1140.
8. Русанов, А. М. Динамика биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении [Текст] / А.М. Русанов, Т.С. Шорина // Вестник ОГУ. – 2009. – №10. – С. 600–603.
9. Русанов, А. М. Влияние антропогенных нагрузок на период биологической активности и гумус черноземов [Текст] / А. М. Русанов // Вестник ОГУ. – 1999. – №2. – С. 59-65.

Сведения об авторах:

Воеводина Татьяна Сергеевна, доцент кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук,
Шифр специальности – 03.02.13 – Почвоведение
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел.: 8(3532) 37-24-80; e-mail: vovodina.t85@gmail.com

Русанов Александр Михайлович, декан химико-биологического факультета
Оренбургского государственного университета, доктор биологических наук, профессор,
Шифр специальности – 03.02.13 – Почвоведение
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел.: 8(3532) 37-24-80; e-mail: soilec@esoo.ru

Васильченко Анастасия Валерьевна, доцент кафедры общей биологии
Оренбургского государственного университета, кандидат биологических наук,
Шифр специальности – 03.02.13 – Почвоведение
460018, г. Оренбург, пр-т Победы, 13, тел.: 8(3532) 37-24-80