

ЭКОЛОГИЯ ПОЧВ

УДК 631.45; 631.67

ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА И СЫРОЙ НЕФТИ В СВЕТЛОКАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЕНКИЯК

С.Н. Досбергенов, Г.Б. Бейсеева, Г.А. Сапаров, Т.К. Томина, М.Б. Абдрешева.

Казахский научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии им.

У.У. Успанова МСХ РК, 050060, г. Алматы, ул. Аль-Фараби 75В, Академгородок

E-mail: saparov@nursat.kz

Пространственная структура распределения нефтепродуктов в основных чертах соответствует закономерностям распределения общего органического углерода. Это позволяет решать обратную задачу: использовать широко доступный показатель содержания органического углерода в загрязненных почвах для оценки возможного загрязнения природных сред токсичными химическими веществами в ландшафтах нефтепромыслов.

ВВЕДЕНИЕ

Общие закономерности трансформации природных систем при строительстве и эксплуатации нефтепромыслов зависят от множества факторов, как технических (плотность и типы промышленных объектов, технология добычи, сроки эксплуатации месторождений и др), так и природных (геохимия месторождений, структура местных ландшафтов, общие физико-географические и ландшафтно-геохимические условия). В результате в ландшафтах нефтедобывающих районов формируются техногенные (ТГ) ореолы загрязнения, морфология и геохимия которых может существенным образом различаться не только в одних и тех же биоклиматических условиях, но даже в пределах одного нефтепромысла.

В печати уже рассматривались некоторые эколого-геохимические аспекты загрязнения дерново-подзолистых почв нефтью и сточными промышленными водами [1-5]. Установлено, что загрязнение приводит к трансформации физико-химических свойств почв и изменению их биологической активности. Важной задачей остается анализ пространственных (латеральных и радиальных) закономерностей изменений свойств природных систем основных добывающих регионов Казахстана.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

На примере Кенкиякского нефтяного месторождения (Актобинская область) рассматриваются особенности загрязнения почвенного покрова нефтью и закономерности распределения органического углерода нефти и нефтяных битуминозных веществ (БВ) в почвах различных элементарных ландшафтов подзоны светло-каштановых почв.

Месторождение эксплуатируется с 1966 г. На месторождении Кенкияк перспективным в нефтегазовом отношении является подсолевой, где установлены многочисленные нефтегазопроявления от девонских до артинских отложений нижней перми. Нефти месторождения тяжелые, вязкие и окисленные, с высоким пластовым давлением (752 атм) и содержанием асфальто-смолистых веществ, при загрязнении формируют в профиле почвы плотные битумные коры [6]. По групповому составу нефти, рассматриваемого месторождения метано-нафтенового основания, содержание метановых углеводородов составляет 34,8 – 67,8 %, нафтеновых – 26,0 – 51,0 %, малосернистые с высоким содержанием смолисто-асфальтеновых компонентов. Они содержат 2,6-10,9 % парафина, 0,3-1,1 % серы, 0,1-0,5 % азота, 26-46 % смол сернокислотных, 4,3-10,8 % смол силико-

гелевых и 0,3-1,3 % асфальтенов, характеризуются наличием ванадия (от $0,62 \times 10^{-3}$ до 21×10^{-3} мг) и никеля (от $5,4 \times 10^{-3}$ до 21×10^{-3} мг) [7].

Исследуемая территория представляет собой увалисто-волнистую равнину с абсолютной высотой 200-250 м, расчлененную оврагами и балками системы рек Темир-Эмба, песчаными массивами (Кокжиде, Кумжарган), меловыми останцами и соляными куполами. В долине р. Темир выражена широко заливаемая пойма и 2-3 террасы. Территория сложена третично-меловыми отложениями, представленными мергелисто-кремнистыми осадками. Выше меловых отложений залегают осадки третичного возраста, характеризующиеся фосфоритовыми гальками, глауконитовыми песками и глинами. Выше располагаются отложения неогена. На поверхности вскрываются четвертичные песчано-глинистые аллювиальные отложения, служащие почвообразующими породами.

Гидрографическая сеть месторождения представлена р. Темир. Постоянного течения река не имеет, летом разбивается на плесы различной ширины и глубины. Грунтовые воды залегают на различных глубинах - 1-5 м в пойме реки и 10-12 м на возвышенных участках с минерализацией 6-15 г/л [8]. Естественная растительности образована ковыльно-типчаково-полынными ассоциациями. В пойме реки небольшое распространение получили луговые злаки, кустарниковая и полынно-типчаковая растительность, приуроченная к высоким террасам реки.

Почвенный покров месторождения в условиях расчлененного рельефа, разнообразных почвообразующих пород (от песчаных до глинистых) формируют на водоразделе светло-каштановые пустынно-степные, в долине реки – пойменные луговые засоленные почвы, солонцы и солончаки. Преобладающие светло-

каштановые почвы характеризуются небольшой мощностью гумусового горизонта (30-40 см), содержат в верхнем горизонте 0,8-1,5 % гумуса гуматно-фульватного состава. Поглощающий комплекс почв насыщен, преимущественно, кальцием, содержание обменного магния и натрия невысокое.

Методика полевых работ включала сопряженный анализ фоновых почв – стартовых эталонов и их трансформированных модификаций. Изучались пространственные и временные изменения в геохимии и морфологии вертикального профиля почв на разном расстоянии от источника загрязнения. Это позволило вскрыть закономерности радиальной и латеральной структуры ТГ-ореолов, оценить устойчивость исходных свойств почв и характер их вторичных ТГ-изменений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При обследовании месторождения установлено, что, на первый взгляд, экологическая обстановка вполне приемлема, т. е. обширных нефтяных разливов не наблюдается. При детальном исследовании обнаружено, что картина совсем иная. Все пятна и разливы нефти присыпаны чистым слоем земли мощностью 1-5 см. Загрязнение почв происходит на всех стадиях разработки: поиска, разведки, освоения, эксплуатации и хранения нефти. Основными причинами нефтяного загрязнения являются разрывы нефтегазопроводов, аварийное фонтанирование скважин и другие технологические нарушения при хранении (9). При этом формируются битумные коры, которые слабо окисляются на воздухе, их заваливание (присыпка чистой землей) приводит к тому, что они становятся мало доступны аэробным углеводородоокисляющим микроорганизмам, процессы самоочищения крайне замедлены.

На месторождении Кенкияк работы по добычи нефти ведутся на четырех площадках, так называемых цехах. По данным Китайского Синьцзянского нефтегазового научно-исследовательского института и ОАО Научно-исследовательского проектного института МЭМР РК «Каспиймунай-газ» цеха №1, 2, 3 расположены в зоне залегания надсолевых нефтей. Цех №4 расположен в зоне подсолевого залегания, который начал эксплуатироваться несколько позже.

Нефть, попадая на поверхность почв и впитываясь, сильно загрязняет почву, насыщая ее агрессивными и биологически опасными компонентами природных флюидов. Поступление в почвы битуминозных веществ вызывает изменение общего содержания органического углерода. Наиболее заметно устойчивое увеличение органического углерода.

Рассмотрим распределения органического углерода и нефтепродуктов по профилю почвы (таблица 1).

Несмотря на преобладающее фронтальное загрязнение нефти, отмечается некоторая внутрипочвенная неоднородность перераспределения загрязнителя, связанная с увеличением содержания органического углерода на сорбционно-биохимических барьерах, соответствующих положению в исходных почвах второго максимума гумуса (PP-1, 2, 3, 9, 11). Наиболее высокое накопление органического углерода происходит в верхнем гумусовом горизонте (таблица 1). Это снижает скорость латеральной миграции нефти по поверхности почв и приводит к ее застаиванию и усилению радиального перемешивания загрязнителя. С течением времени происходит постепенное уменьшение содержания углерода в верхних горизонтах почв и некоторое увеличение его концентрации в средней части профиля. Отмечается и латераль-

ный сброс загрязнителей в почвы подчиненных ландшафтов.

Особую роль в распределении нефти в профиле почв играет ТГ-изменения их профиля в связи с землеванием нефтезагрязненных участков. В этих случаях естественные закономерности распределения нефти в почвах меняются. Нефть и нефтепродукты не только перемещаются вниз по профилю почв, но также мигрируют в перекрывающий материал, который как бы «всасывает» загрязнитель. В результате в почвах возникает своеобразная вертикальная зональность распределения органического углерода нефти. Этому способствует и восстановительная среда, препятствующая разложению загрязнителя (PP-1, 2, 8, 9).

Землевание загрязненных участков не только приводит многослойному распределению загрязнителя в профиле почв, но также способствует консервации нефти, еще более замедляя ее деградацию (таблица 1). Это обусловлено, как исходной восстановительной обстановкой, так и вторичным ухудшением аэрации при захоронении загрязнителя. В почвах, погребенных под ТГ - насыпным слоем, нефть, обычно, постепенно стекает вниз по профилю в соответствии с уклоном поверхности. Под ТГ- насыпным слоем сохраняются общие закономерности радиального и латерального распределения загрязнителя во времени. Поэтому в почвах, расположенных дальше от источника выброса содержание органического углерода нефти в нижних горизонтах профиля выше, чем в почвах, расположенных ближе к месту аварии (PP-4, 7).

Повторные выбросы нефти формируют новые ТГ-ореолы, интенсивность, размеры и расположение которых в пространстве могут не совпадать (или совпадать только частично) с погребенными ореолами.

Таблица 1 - Общее содержание органического углерода и нефтепродуктов в загрязненных светло-каштановых почвах

№ цехов	№ разрезов	Глубина, см	Органический углерод, %	Общее содержание нефтепродуктов, мг/кг	pH	
1	P-1	0-3	6,76	715,0	7,48	
		3-20	7,78	11900,0	6,64	
		20-57	7,42	990,0	8,28	
		57-100	9,42	117500,0	8,49	
	P-2	0-37	8,09	14000,0	7,71	
		37-75	14,74	84750,0	7,90	
		75-106	10,24	196500,0	8,68	
2	P-11	0-18	2245,0	2245,0	2,556	
		18-50	3,27	878,5	8,24	
		50-70	2,79	257,0	8,20	
		70-100	3,65	334,5	8,16	
	P-12	0-25	2,35	2173,5	8,40	
		25-50	0,41	69,8	8,48	
		50-90	0,39	56,7	8,60	
3	P-3	0-25	7,03	16300,0	8,15	
		25-47	0,75	2110,0	8,14	
		47-72	0,65	346,0	8,85	
		72-100	0,54	267,0	8,09	
	P-4	0-10	6,70	1663,5	8,32	
		10-34	0,95	255,2	8,21	
		34-55	0,72	144,8	8,61	
		55-83	0,68	84,8	9,25	
	P-5	83-100	0,44	92,0	8,10	
		0-5	2,08	1658,5	8,11	
		5-65	1,33	254,0	8,13	
	4	P-6	65-100	1,16	98,0	8,24
			0-6	3,72	3800,0	8,27
6-13			1,50	288,4	7,74	
13-46			0,61	52,2	8,10	
46-83			0,44	48,2	8,56	
P-7		83-100	0,61	55,7	7,95	
		0-11	7,78	810,7	8,10	
		11-37	1,29	196,3	8,32	
		37-70	0,89	117,6	8,10	
P-8		70-100	0,34	24,8	7,96	
		0-5	3,63	41,98	7,98	
		5-20	6,74	29,3	7,78	
		20-60	8,37	669,8	8,10	
		60-100	7,81	12,84	7,79	
4		P-9	100-130	7,28	170,6	7,58
			0-8	1,53	55,6	8,04
	8-38		2,79	1163,2	8,03	
	38-68		0,48	143,2	8,22	
	P-10 целина	68-100	0,37	52,04	7,90	
		0-9	0,89	24,7	7,20	
		9-34	0,78	1548,2	7,33	
		34-88	0,22	11925,8	8,75	
		88-130	0,20	15453,8	8,22	

При внутренней почвенной миграции нефти и нефтепродуктов внешних (морфологических) признаков загрязне-

ния почв, как правило, нет или они выражены слабо. Такие почвы обнаруживаются на значительных расстояниях от

каких-либо ТГ-объектов, вне всякой связи с морфологическими видимыми потоками загрязнителей, вследствие существования «оторванных» ореолов загрязнения (Р-10).

В этих случаях проработанными оказываются горизонты почв, вмещающие ТГ-потоки, и контактирующие с ними, что приводит к специфическому распределению органического углерода, максимум которых, как бы «подвешен» в почвенном профиле.

Представляется, однако, что повышение фонового уровня битуминозных веществ (БВ) связано не только, а возможно, и не столько с ТГ-загрязнением почв, а является результатом вторичных ареалов рассеяния тяжелых углеводородов, индицирующих месторождения

нефти. Повышение регионального фона битумов в почвах приводит к формированию обширных наложенных геохимических полей на большей части Кенкиякского нефтегазового месторождения.

Загрязнение почв нефтью приводит к увеличению в природных системах концентрации БВ и входящих в них полициклических ароматических углеводородов, ПАУ.

С продолжительностью освоения месторождения загрязненность почвы сырой нефтью возрастает, что приводит к увеличению содержания органического углерода, а также нефтепродуктов. Коэффициент трансформации органического углерода по расчетным слоям представляет следующее соотношение (таблица 2).

Таблица 2-Коэффициент трансформации органического углерода по цехам

Глубина, см	Цех №1	Цех №2	Цех №3	Цех №4	Целина
0-10	9,19	11,75	7,98	2,02	1
0-30	6,98	9,27	4,77	3,02	1
0-50	13,48	9,38	4,22	3,27	1
0-100	11,0	10,85	3,80	2,90	1

В нижних горизонтах происходит накопление органического углерода. В тоже время, деградации битуминозных веществ в почвах не происходит.

Сравнительный анализ в пространстве по цеху (№3) показывает, что с удалением

от скважины содержание органического углерода в почве уменьшается. В расчетных слоях коэффициент трансформации органического углерода представлен следующими показателями (таблица 3).

Таблица 3 - Коэффициент трансформации органического углерода в пространстве

Разрезы Глубина, см	Р-7	Р-6	Р-5	Р-3	Р-4	Целина
0-10	8,85	3,22	1,93	7,99	7,62	1
0-50	1,95	1,76	2,26	4,22	3,26	1
0-100	2,12	1,90	3,13	3,83	3,14	1

Загрязнение почв нефтепродуктами на месторождении Кенкияк непрерывно возрастает, потому что, какие бы меры не принимались, утечка нефтепродуктов происходит постоянно.

В Республике Казахстан не разработана единая классификация загрязненных нефтепродуктами почв. Критерием

может служить концентрация выше 0,5 мг/л нефти и нефтепродуктов в воде, профильтрованной через загрязненную почву. По данным исследований разных стран максимальная безопасная концентрация нефтепродуктов в почвах и грунтах, когда не требуются какие-либо мероприятия по санации почв и грунтов

не более 1000 мг/кг. Загрязненность почв нефтью и нефтепродуктами в Рос-

сийской Федерации оценивается по следующей классификации (таблица 4).

Таблица 4 - Показатели уровня загрязнения почв химическими веществами

Наименование загрязнителя	Содержание (мг/кг), соответствующие уровню загрязнения				
	1-й уровень-допустимый	2-й уровень-низкий	3-й уровень-средний	4-й уровень-высокий	5-й уровень очень высокий
Нефть и нефтепродукты	<1000	1000-2000	2000-3000	3000-5000	>5000

Загрязненность почвенного покрова химическими веществами подразделяется на пять уровней. Согласно этой классификации при загрязнении от 1000 до 3000 мг/кг требуются мягкие мероприятия по усилению процессов самоочищения: устранение источника загрязнения, рыхление, увлажнение, аэрация и т. д. При уровне загрязнения выше 3000 мг/кг требуется выбор оптимального способа рекультивации и санации.

При проведении экологического аудита на месторождении Кенкиак были выявлены участки явных и скрытых нефтезагрязнений. Определение нефтепродуктов в почвах цеха №1 (Р-1), показали, что содержание нефтепродуктов в верхних горизонтах находится в пределах 715,0 мг/кг почвы, а в фоновых почвах содержание их находится в пределах 24,7 мг/кг почвы.

Кларк концентрации нефтепродуктов в загрязненных почвах превышает кларк в том же горизонте фоновых почв в 30 раз. Несмотря на это, во втором полуметровом слое почвы это превышение составляет в 10 раз.

На легких по механическому составу почвах основная масса тяжелых углеводородов оседает в гумусово - элювиальных горизонтах почв. Второй максимум нефтепродуктов, как в фоновых (Р-10) так, и в загрязненных почвах отмечаются в иллювиальных горизонтах. Однако уровень их накопления в иллювиальном горизонте у загрязненной почвы гораздо

выше. Кларк концентрации в разрезе (Р-2) превышает кларк концентрации в ненарушенной почве в 16 раз. Такое накопление связано с повышенным содержанием тонкодисперсных частиц в этой части профиля и наличием сорбционного барьера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нефть и нефтепродукты в основном оседают в верхних гумусовых горизонтах почв. Геохимическим барьером выступает также иллювиальный горизонт.

Нефть и нефтепродукты не только перемещаются вниз по профилю почв, но также мигрируют в перекрывающий материал, который как бы «всасывает» загрязнитель. В результате в почвах возникает своеобразная вертикальная зональность распределения органического углерода нефти. Землевание загрязненных участков не только приводит к многослойному распределению загрязнителя в профиле почв, но также способствует консервации нефти, еще более замедляя ее деградацию. Во временном аспекте общее содержание органического углерода и нефтепродуктов в почве возрастает. В пространстве в связи с удалением от скважины их содержание постепенно снижается. Пространственно-временное распределение нефтепродуктов в основных чертах соответствует закономерностям распределения органического углерода. Это позволяет решать обратную задачу: использовать

показатель содержания органического углерода в почвах для оценки, возможно, загрязнения природных сред токсичными веществами в ландшафтах нефтепромыслов. Почвенно-экологическое состояние месторождения Кенкияк

очень сложное. По показателям загрязненности почв химическими веществами оно соответствует высокому и очень высокому уровню. В связи с такой ситуацией требуется выбор оптимального способа рекультивации и санации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1.Андерсон Р.К., Мукатанов А.Х.,Бойко Т.Ф. Экологические последствия загрязнения почв нефтью // Экология. 1980.№6. С.21-25.
- 2.Глазовская М.А., Пиковский Ю.И. Скорость самоочищения почв от нефти в различных природных зонах // Природа. 1980.№5. С. 118-119.
3. Мукатанов А.Х., Ривкин П.Р. Влияние нефти на свойства почв // Нефть. хоз-во. 1980.№4. С. 53-54.
4. Пиковский Ю.И., Солнцева Н.П. Геохимическая трансформация дерново-подзолистых почв под влиянием потоков нефти // Техногенные потоки вещества в ландшафтах и состояние экосистем. М.: Наука. 1981. С. 149-154.
5. Калачникова И.Г., Масливец Т.А., Оборин А.А и др. Трансформация нефти в подзолистых почвах Средне Приобья // Тр.IV Всесоюз. совещ., Обнинск, июнь 1983г. Л.: Гидрометеиздат. 1985. С. 74-80.
6. Надилов Н.К. Высоковязкие нефти и природные битумы. Т. 3. Алматы. «Ғылым» 2001. 414с.
7. Фаизов К.Ш., Раимжанова М.М., Алибеков Ж.С. Экология Мангышлак-Прикаспийского нефтегазового региона. Алматы. 2003. 273 с.
8. Почвы Актюбинская области. Выпуск 11. Алма-Ата. 1968. 375с.
9. Асанбаев И.К. Антропогенные изменения почв и их экологические последствия. Алматы. 1998. 180с.

ТҮЙІН

Шикі мұнай мен органикалық көміртегі топырақтың жоғарғы қарашірінді қабаты мен иллювиалдық қабаттарында жинақталған. Мерзімдік аспектіте органикалық көміртегі мен шикі мұнай мөлшері арта түседі. Кеңістік тұрғыдан қарастырсақ ұңғыдан алыстаған сайын органикалық көміртегі мен шикі мұнай мөлшері азая береді. Органикалық көміртегі мен шикі мұнай арасында жалпы корреляциялық байланыс байқалады. Шикі мұнай мөлшері артқан сайын органикалық көміртегі де арта береді. Бұл жағдай мұны топырақтың ластану көрсеткіші ретінде пайдалануға мүмкіндік туғызады.

Кеңкияқ мұнай кешенінің топырақты-экологиялық жағдайы өте күрделі. Топырақтың мұнай мен мұнай өнімдерімен ластану деңгейлері бойынша жоғары және өте жоғары дәрежесіне жатады. Бұл жағдай рекультивациялау мен санациялаудың оңтайлы тәсілдерін қолдануды қажет етеді.

RESUME

The effects of crude oil contamination on contents organic carbon are considered. Our observation showed that increasing of crude oil in soils brings as well as to increasing of organic carbon.