УДК 632.122.2:631.41(470.333)

ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НЕФТЬЮ НА ПОЧВЫ ЮГО-ЗАПАДА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

© 2012 г. Е.В. Просянников, Е.В. Смольский, А.С. Гуща

Брянская государственная сельскохозяйственная академия
243365, Брянская обл., Выгоничский р-н,
п. Кокино, Россия
E-mail: p_e_v_32@mail.ru

В условиях Юго-Запада Нечерноземной зоны России на естественном кормовом угодье изучено воздействие поверхностного нахождения нефти в количестве 4–32 л/м^2 из нефтепровода "Дружба" в течение 6 ч и 1-го года на свойства дерново-подзолистой и серой лесной почв. Установлено, что негативные последствия для дерново-подзолистой почвы наступили при количестве разлитой нефти >4 л/м^2, для серой лесной почвы – >8–16 л/м^2, находившейся на поверхности в течение 6 ч. Загрязнение нефтью >8 л/м^2 в течение 1-го года отрицательно влияло на дерново-подзолистую почву, 32 л/м^2 – на серую лесную почву.

Ключевые слова: загрязнение нефтью, почва, Юго-Запад Нечерноземной зоны России.

ВВЕДЕНИЕ

Использование больших запасов нефти, которыми обладает Россия, обостряет экологическую ситуацию не только в районах нефтедобычи, но и в областях Юго-Запада Нечерноземной зоны страны, по территории которых ее транспортируют. Через Брянскую область проходят три нефтепровода: два из них диаметром 1220 мм и один – 820 мм. В Брянске находится железнодорожный терминал по наливу нефти, около г. Унеч – головная нефтеперекачивающая станция [1]. Рост экспорта нефти и старение трубопроводных систем создают ситуацию, при которой значительно возрастает вероятность техногенных аварий, сопровождающихся разным по количеству и продолжительности нефтяным загрязнением почв, являющихся главным ее сорбентом в ландшафтах. Это нарушает гомеостаз почвы в зависимости от местных природных условий [2–6]. Изучение данного вопроса ранее в регионе не проводили.

Цель работы – изучение воздействия поверхностного нахождения нефти на основные физико-химические показатели почв и степень их деградации в условиях Юго-Запада Нечерноземной зоны России (Брянская обл.) на естественном кормовом угодье, которое по состоянию растительности аналогично полосе отчуждения трассы нефтепровода.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследование проводили в 2007–2010 гг. на дерново-подзолистой и серой лесной легкосуглинистых почвах соответственно на покровном и лессовидном карбонатном суглинках. Модельные опыты по загрязнению поверхности почв нефтью из магистрального трубопровода "Дружба" были заложены на территории учхоза Брянской ГСХА. Нефть разливали в ячейки (20 × 20 см) пластмассовых кассет без дна, погруженных в почву на 5 см, из расчета 4, 8, 16, 32 л/м^2. Ячейки размещали рендомизированно, повторность шестикратная. Нефть находилась на поверхности каждой почвы в течение 6 ч и 1-го года.

Свойства почв, не загрязненных нефтью (фон) и загрязненных ею, изучали в полевых условиях и в специализированной лаборатории кафедры экологии, агрохимии и почвоведения Брянской ГСХА. Отбор почвенных образцов и пробоподготовку проводили по ГОСТ 17.4.4.02-84. В лаборатории определяли плотность почвы и плотность ее твердой фазы по общепринятым методикам [7], общую удельную поверхность почвы – по Кутилеку [8], содержание гумуса – по Никитину с колориметрическим окончанием по Орлову–Гриндель, подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову, pH_{H_2O} – по ГОСТ 26423-85, pH_{KCl} – по ГОСТ 26483-85, гидролитическую

кислотность ($H_г$) – по ГОСТ 26212-91, сумму обменных оснований (S) – по Каппену–Гильковицу, эмиссию CO_2 – по Карпачевскому [9], суммарную биомассу почвенных микроорганизмов – регидратационным методом [10], пористость, емкость катионного обмена (**ЕКО**) и степень насыщенности почвы основаниями (V) – расчетным способом. Дисперсионный анализ результатов экспериментальных данных проводили с помощью программы STRAZ.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Плотность почвы является ее основной физической характеристикой, определяющей соотношение твердой, жидкой и газовой фаз. Поэтому она влияет на водный, воздушный и тепловой режимы, отражает сочетание и функциональную связь между агрофизическими факторами почвенного плодородия. Плотность твердой фазы почвы зависит от соотношения в ней органических и минеральных веществ. Дисперсное состояние почвы оценивают по величине ее общей удельной поверхности, которая представляет собой суммарную поверхность всех почвенных частиц, выраженную в м^2/г почвы. Этот показатель, характеризующий степень измельчения твердого вещества, оказывает влияние на все почвенные свойства.

В дерново-подзолистой почве Юго-Запада Нечерноземной зоны России 6-часовое загрязнение нефтью значительно уменьшало плотность в гор. А1 при дозах 8–32 л/м^2, плотность твердой фазы и удельную поверхность – при 4–32 л/м^2. В гор. А1А2 плотность твердой фазы значительно уменьшалась только при дозе 32 л/м^2, удельная поверхность – при 4–32 л/м^2. Годичное загрязнение уменьшало плотность почвы в гор. А1 при дозах 4–8 л/м^2, плотность твердой фазы и удельную поверхность – при 4–32 л/м^2; в гор. А1А2 плотность твердой фазы почти не менялась, удельная поверхность значительно уменьшалась при дозах 8–32 л/м^2 (табл. 1).

В серой лесной почве Юго-Запада Нечерноземной зоны России 6-часовое загрязнение нефтью в дозах 4–32 л/м^2 существенно уменьшало в гор. А1 и А1А2 ее плотность, плотность твердой фазы и удельную поверхность. Годичное загрязнение в дозах 4–32 л/м^2 уменьшало плотность почвы в гор. А1, плотность твердой фазы и удельную поверхность; в гор. А1А2 плотность твердой фазы практически не менялась, удельная поверхность существенно уменьшалась при дозах 4–32 л/м^2 (табл. 1).

Разлив нефти изменял величину плотности почвы и плотности твердой фазы, приближая их к оптимальным величинам этих показателей, что было обусловлено изменением соотношения минеральной и органической частей обеих изученных почв, а также слипанием их почвенных частиц.

В дерново-подзолистой почве при обеих экспозициях нефтяного загрязнения отмечали тенденцию к снижению пористости. В серой лесной почве аналогичное явление наблюдали при годичном загрязнении, при 6-часовом – пористость увеличивалась.

Полученные данные подтверждены результатами работы [11], в которой изучали пористость и плотность сложения нечерноземных почв Татарстана. Исследование показало, что изменения этих показателей были обусловлены агрегированием почвенных частиц: увеличением содержания глыбистых агрегатов (>10 мм) и уменьшением содержания агрономически ценных структурных отдельностей. В результате были нарушены водный, воздушный, тепловой, питательный режимы и, как следствие, ухудшалось плодородие.

Нефтяное загрязнение во всех изученных вариантах загрязнения значительно снижало удельную поверхность дерново-подзолистой и серой лесной почв Юго-Запада Нечерноземной зоны России, что было обусловлено, по-видимому, обволакиванием почвенных частиц нефтью и их слипанием.

В условиях Юго-Запада Нечерноземной зоны России 6-часовое загрязнение дерново-подзолистой почвы в дозах 4–32 л нефти/м^2 значительно увеличивало в гор. А1 и А1А2 содержание общего углерода и азота. По мере возрастания дозы нефти увеличивалось отношение С : N, особенно в гор. А1. Содержание подвижного фосфора практически не менялось, калия – уменьшалось. Годичное загрязнение увеличивало в гор. А1 содержание общего углерода и азота при дозах 8–32 л/м^2. Тенденция увеличения отношения С : N сохранялась, но была менее выраженной, чем при 6-часовом загрязнении. Содержание подвижного фосфора значительно уменьшилось только при дозе 32 л/м^2, обменного калия – при дозах 4–32 л/м^2. В гор. А1А2 увеличивалось содержание общего углерода при дозах 16–32 л/м^2, общего азота – при дозах 8–32 л/м^2. Отношение С : N варьировало, но закономерности установить не удалось. Содержание подвижного фосфора увеличивалось при дозах 4–8 л/м^2, обменного калия – уменьшилось при дозах 4–32 л/м^2 (табл. 2).

В серой лесной почве Юго-Запада Нечерноземной зоны России 6-часовое загрязнение нефтью в

Таблица 1. Физические свойства дерново-подзолистой и серой лесной почв при загрязнении нефтью

Вариант	Плотность почвы, г/см^3		Плотность твердой фазы почвы, г/см^3		Пористость почвы, %	Удельная поверхность почвы, м^2/1 г	
	1	2	1	2		1	2
Дерново-подзолистая почва							
Продолжительность загрязнения 6 ч							
Гор. А1 (3–10 см)							
Фон	1.42	–	2.84	–	50.0	61.3	–
Нефть, л/м^2							
4	1.27	–0.15	2.19	–0.65	42.0	47.7	–13.6
8	1.13	–0.29	2.17	–0.67	47.9	33.7	–27.6
16	1.20	–0.22	1.87	–0.97	33.7	22.7	–38.6
32	1.18	–0.24	1.75	–1.09	32.7	18.3	–43.0
$НСР_{05}$	0.16		0.47		–	6.6	
Гор. А1А2 (10–26 см)							
Фон			2.60	–		47.0	–
Нефть, л/м^2							
4			2.52	–0.08	Не определяли	35.2	–11.8
8	Не определяли		2.51	–0.09		26.9	–20.2
16			2.48	–0.12		17.9	–29.2
32			2.23	–0.37		20.9	–26.2
$НСР_{05}$			0.14			9.5	
Продолжительность загрязнения 1 год							
Гор. А1 (3–10 см)							
Фон	1.35	–	2.50	–	46.0	60.2	–
Нефть, л/м^2							
4	1.22	–0.13	2.38	–0.12	48.7	52.2	–8.0
8	1.28	–0.07	2.37	–0.13	46.0	44.8	–15.4
16	1.31	+0.04	2.27	–0.23	42.3	25.7	–34.5
32	1.31	+0.04	2.30	–0.20	43.0	22.5	–37.6
$НСР_{05}$	0.06		0.11		–	5.1	
Гор. А1А2 (10–26 см)							
Фон			2.56	–		43.5	–
Нефть, л/м^2							
4	Не определяли		2.57	0.01	Не определяли	39.8	–3.68
8			2.55	–0.02		37.3	–6.2
16			2.53	–0.03		22.6	–20.9
32			2.51	–0.05		19.6	–23.9
$НСР_{05}$			0.13			4.4	
Серая лесная почва							
Продолжительность загрязнения 6 ч							
Гор. А1 (5–19 см)							
Фон	1.53	–	2.60	–	41.2	72.3	–
Нефть, л/м^2							
4	1.26	–0.27	2.42	–0.18	47.9	43.0	–29.3
8	1.31	–0.22	2.43	–0.17	46.1	35.9	–36.4
16	1.25	–0.28	2.38	–0.22	47.5	35.0	–37.3
32	1.31	–0.22	2.27	–0.33	42.3	17.0	–55.3
$НСР_{05}$	0.13		0.13		–	10.4	
Гор. А1А2 (19–33 см)							
Фон			2.56	–		55.1	–

Таблица 1 (окончание)

Вариант	Плотность почвы, г/см^3		Плотность твердой фазы почвы, г/см^3		Пористость почвы, %	Удельная поверхность почвы, м^2/1 г	
	1	2	1	2		1	2
Нефть, л/м^2							
4	Не определяли		2.39	–0.17	Не определяли	40.1	–15.0
8			2.29	–0.27		29.9	–25.1
16			2.33	–0.23		30.5	–24.5
32			2.28	–0.28		24.4	–30.6
$НСР_{05}$			0.12			9.8	
Продолжительность загрязнения 1 год							
Гор. А1 (5–19 см)							
Фон	1.55	–	2.59	–	40.0	32.5	–
Нефть, л/м^2							
4	1.49	–0.06	2.29	–0.30	34.8	20.1	–12.4
8	1.50	–0.05	2.22	–0.37	32.5	19.3	–13.3
16	1.52	–0.05	2.38	–0.31	35.0	15.1	–17.5
32	1.40	–0.15	2.24	–0.35	36.5	13.2	–19.4
$НСР_{05}$	0.04		0.27		–	3.4	
Гор. А1А2 (19–33 см)							
Фон			2.47	–		28.9	–
Нефть, л/м^2							
4	Не определяли		2.21	–0.25	Не определяли	21.1	–7.8
8			2.45	–0.02		21.1	–7.8
16			2.37	–0.10		16.9	–12.0
32			2.40	–0.07		18.7	–10.2
$НСР_{05}$			0.25			6.9	

Примечание. В графе 1 – среднее, 2 – отклонение от фона. То же в табл. 2–4.

Таблица 2. Химические свойства дерново-подзолистой и серой лесной почв при загрязнении нефтью

Вариант	$C_{общ}$		$N_{общ}$		C : N	P_2O_5		K_2O	
	%					мг на 100 г почвы			
	1	2	1	2		1	2	1	2
Дерново-подзолистая почва									
Продолжительность загрязнения 6 ч									
Гор. А1 (3–10 см)									
Фон	2.3	–	0.71	–	3.2	6.0	–	4.33	–
Нефть, л/м^2									
4	8.6	+6.3	0.73	+0.02	12	6.3	+0.3	2.75	–1.58
8	11.8	+9.5	0.90	+0.19	13	5.0	–1.0	3.02	–1.31
16	14.4	+12.1	0.86	+0.15	17	5.4	–0.6	2.36	–1.97
32	19.9	+17.6	1.42	+0.71	14	4.5	–1.5	1.85	–2.48
$НСР_{05}$	2.2		0.13		–	1.4		0.65	
Гор. А1А2 (10–26 см)									
Фон	1.5	–	0.59	–	2.5	4.4	–	2.33	–
Нефть, л/м^2									
4	5.7	+4.2	0.65	+0.06	8.6	5.1	+0.7	1.67	–0.66

Таблица 2 (окончание)

Вариант	$C_{общ}$		$N_{общ}$		C : N	P_2O_5		K_2O	
	%					мг на 100 г почвы			
	1	2	1	2		1	2	1	2
8	6.1	+4.7	0.77	+0.18	8.0	5.2	+0.8	1.58	–0.75
16	6.7	+5.2	0.83	+0.24	8.1	4.5	+0.1	1.33	–1.00
32	12.1	+10.6	0.97	+0.48	12.5	3.8	–0.6	1.43	–0.90
$НСР_{05}$	1.5		0.08		–	1.1		0.47	
Продолжительность загрязнения 1 год									
Гор. А1 (3–10 см)									
Фон	2.50	–	0.70	–	3.6	5.5	–	4.75	–
Нефть, л/м^2									
4	2.74	+0.24	0.76	+0.06	3.6	5.5	+0.0	1.92	–2.83
8	4.72	+2.22	1.01	+0.31	4.7	5.9	+0.3	1.51	–3.24
16	7.83	+5.33	1.03	+0.33	7.6	4.1	–1.4	1.01	–3.74
32	8.36	+5.86	0.96	+0.26	8.7	2.5	–3.0	0.75	–4.00
$НСР_{05}$	0.61		0.21		–	1.4		0.56	
Гор. А1А2 (10–26 см)									
Фон	1.54	–	0.66	–	2.3	4.00	–	2.42	–
Нефть, л/м^2									
4	1.38	–0.16	0.46	–0.20	3.0	5.82	+1.82	1.75	–0.67
8	1.59	+0.05	1.18	+0.52	1.4	4.88	+0.88	1.75	–0.67
16	2.17	+0.63	1.36	+0.70	1.6	3.78	–0.22	1.50	–0.92
32	3.78	+2.24	1.43	+0.77	2.6	3.80	–0.20	1.08	–1.34
$НСР_{05}$	0.38		0.22		–	0.68		0.51	
Серая лесная почва									
Продолжительность загрязнения 6 ч									
Гор. А1 (5–19 см)									
Фон	3.44	–	0.92	–	3.7	35.1	–	18.9	–
Нефть, л/м^2									
4	4.93	+1.49	1.10	+0.18	4.5	23.5	–11.6	17.2	–1.72
8	5.63	+2.19	1.10	+0.18	5.1	21.5	–13.6	15.2	–3.73
16	6.96	+3.52	1.13	+0.21	6.2	24.1	–11.0	17.2	–1.72
32	9.14	+5.70	1.32	+0.40	6.9	22.6	–12.5	16.6	–2.35
$НСР_{05}$	0.76		0.13		–	5.6		2.8	
Гор. А1А2 (19–33 см)									
Фон	2.45	–	0.63	–	3.9	11.6	–	11.2	–
Нефть, л/м^2									
4	3.83	+1.38	0.62	–0.01	6.2	11,4	–3,2	12,2	+1,0
8	4.14	+1.69	0.81	+0.18	5.1	12.0	–2,6	13, 8	+2,6
16	4.15	+1.69	0.87	+0.24	4.8	10,6	–4.0	11,7	+0,5
32	5.47	+3.02	1.11	+0.47	4.9	10,4	–4,2	10,8	–0,4
$НСР_{05}$	0.8		0.14		–	2.7		1.7	
Продолжительность загрязнения 1 год									
Гор. А1 (5–19 см)									
Фон	3.72	–	0.13	–	29	18,30	–	17,7	–
Нефть, л/м^2									
4	2.97	–0.75	0.11	–0.02	27.0	23,9	+5,6	16,6	–1,1
8	3.30	–0.42	0.13	–	25.4	20,7	+2,4	15.0	–2,7
16	3.75	+0.03	0.12	–0.02	31.3	24,8	+6,5	16,6	–1,1
32	4.66	+0.95	0.12	–0.01	38.8	20,9	+2,6	15,6	–2,1

Таблица 2 (окончание)

Вариант	$C_{общ}$		$N_{общ}$		C : N	P_2O_5		K_2O	
	%					мг на 100 г почвы			
	1	2	1	2		1	2	1	2
$НСР_{05}$	0.65		0.03		–	7.3		4.2	
	Гор. A1A2 (19–33 см)								
Фон	2.59	–	0.17	–	15	10,00	–	10	–
Нефть, л/м^2									
4	2.10	–0.49	0.13	–0.04	16	10,7	+0,7	12	+2
8	2.45	–0.14	0.11	–0.06	22	11,9	+1,9	15	+4
16	2.67	+0.08	0.12	–0.05	22	10,3	+0,3	12	+1
32	3.02	+0.43	0.13	–0.04	23	9,92	–0,1	11	+1
$НСР_{05}$	0.42		0.02		–	2.9		12	

дозах 4–32 л/м^2 увеличивало в гор. A1 и A1A2 содержание общего углерода и азота, за исключением содержания общего азота в гор. A1A2 при дозе 4 л/м^2. Тенденция к увеличению отношения C : N по мере возрастания количества нефти в основном сохранялась, но менее четко, чем в дерново-подзолистой почве. В гор. A1 и A1A2 6-часовое загрязнение в дозах 4–32 л/м^2 уменьшало содержание подвижного фосфора и не изменяло – обменного калия. Годичное загрязнение уменьшало в гор. A1 и A1A2 содержание общего углерода при дозе 4 л/м^2, при дозе 32 л/м^2 – увеличивало его. Содержание общего азота в гор. A1 не изменялось, в горизонте A1A2 снижалось. Отношение C : N в гор. A1 уменьшалось при загрязнении 4–8 л/м^2 и увеличивалось при дозах 16–32 л/м^2, в гор. A1A2 оно увеличивалось по сравнению с фоном. Содержание подвижного фосфора и обменного калия не изменялось (табл. 3).

В работе [12] было показано, что в серой лесной почве Татарстана (давность загрязнения – 15 сут) при минимальном нефтяном загрязнении 10 л/м^2 содержание подвижных форм P_2O_5 и K_2O уменьшалось. Увеличение уровня загрязнения не привело к адекватному снижению содержания подвижных форм фосфора и калия, хотя максимальное уменьшение этих показателей было характерно для наибольшего загрязнения. Сопоставление агрохимических показателей почвы, отобранных через 15 сут и 1 год после загрязнения, показало, что ухудшение свойств почвы сохранилось с момента загрязнения, хотя наблюдали тенденцию к постепенному восстановлению утраченных качеств, особенно в слабозагрязненной почве. Под действием нефти снижалась нитрифицирующая способность при одновременном увеличении содержания углерода и аммонийного азота. Наиболее тесную положительную корреляцию ($r = 0.99$) обнаружили между уровнем нефтяного загрязнения и содержанием углерода.

В дерново-подзолистой почве Юго-Запада Нечерноземной зоны России 6-часовое загрязнение дозами 4–32 л нефти/м^2 соответственно увеличивало и не изменяло pH_{H_2O} в гор. A1 и A1A2, но уменьшало pH_{KCl}. Гидролитическая кислотность в гор. A1 и A1A2, соответственно, значительно уменьшалась и увеличивалась только при уровнях загрязнения 16–32 л нефти/м^2. Сумма обменных оснований с увеличением уровня нефтяного загрязнения в гор. A1 уменьшалась, в гор. A1A2 – только при загрязнении 8–32 л нефти/м^2. Емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями снижались по мере возрастания уровня загрязнения нефтью (табл. 3).

В дерново-подзолистой почве годичное загрязнение дозами 16–32 л нефти/м^2 увеличивало pH_{H_2O} в гор. A1 и уменьшало в гор. A1A2 при дозе 32 л/м^2. В обоих горизонтах величина pH_{KCl} не менялась, гидролитическая кислотность и сумма обменных оснований значительно уменьшались при дозах 8–32 л нефти/м^2. Емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями снижались по мере возрастания уровня загрязнения нефтью.

В серой лесной почве Юго-Запада Нечерноземной зоны России 6-часовое загрязнение 4–32 л нефти/м^2 уменьшало в гор. A1 pH_{H_2O}, pH_{KCl} – только при дозах 16–32 л/м^2. Уровни загрязнения 4–32 л/м^2 увеличивали гидролитическую кислотность, 8–32 л/м^2 – уменьшали сумму обменных оснований. В гор. A1A2 загрязнение 4–32 л нефти/м^2 уменьшало pH_{H_2O} и увеличивало $H_г$, при этом pH_{KCl} не менялся. Дозы 8–32 л нефти/м^2 существенно уменьшали сумму обменных

Таблица 3. Физико-химические свойства дерново-подзолистой и серой лесной почв при загрязнении нефтью

Вариант	pH_{H_2O}		pH_{KCl}		$H_г$		S		ЕКО, мг-экв/100 г	V, %
					мг-экв/100 г					
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Дерново-подзолистая почва										
Продолжительность загрязнения 6 ч										
Гор. А1 (3–10 см)										
Фон	5.03	–	4.52	–	5.82	–	10.1	–	16.0	63.5
Нефть, л/м^2										
4	5.14	+0.11	4.21	–0.31	5.22	–0.60	8.18	–1.95	13.4	61.4
8	5.18	+0.15	4.33	–0.19	5.36	–0.46	7.82	–2.31	13.2	59.3
16	5.21	+0.18	4.30	–0.22	5.03	–0.79	6.90	–3.23	11.9	57.8
32	5.19	+0.16	4.36	–0.16	5.18	–0.64	6.15	–3.98	11.3	54.2
$НСР_{05}$	0.10		0.09		0.61		0.67		–	–
Гор. А1А2 (10–26 см)										
Фон	5.50	–	4.60	–	4.42	–	9.29	–	13.7	67.8
Нефть, л/м^2										
4	5.47	–0.03	4.49	–0.11	4.43	+0.01	8.89	–0.40	13.3	66.7
8	5.45	–0.05	4.49	–0.11	4.77	+0.05	8.08	–1.21	12.9	62.9
16	5.38	–0.12	4.44	–0.16	5.11	+0.69	5.52	–2.77	10.6	51.4
32	5.42	–0.08	4.32	–0.28	5.31	+0.89	3.49	–5.80	8.80	39.5
$НСР_{05}$	0.14		0.10		0.35		0.81		–	–
Продолжительность загрязнения 1 год										
Гор. А1 (3–10 см)										
Фон	4.73	–	4.22	–	5.68	–	10.6	–	16.3	65.0
Нефть, л/м^2										
4	4.69	–0.04	4.13	–0.09	5.52	–0.16	10.5	–0.10	16.0	65.5
8	4.76	+0.03	4.17	–0.05	5.27	–0.41	9.77	–0.80	15.0	65.0
16	4.99	+0.26	4.27	+0.05	4.93	–0.75	7.56	–3.01	12.5	60.5
32	4.92	+0.19	4.26	+0.04	5.07	–0.61	6.99	–3.58	12.1	58.0
$НСР_{05}$	0.16		0.15		0.26		0.45		–	–
Гор. А1А2 (10–26 см)										
Фон	4.92	–	4.10	–	4.45	–	10.1	–	14.5	69.3
Нефть, л/м^2										
4	4.94	+0.02	4.12	+0.02	4.40	–0.05	9.71	–0.35	14.1	68.8
8	4.95	+0.03	4.14	+0.04	3.95	–0.50	8.92	–1.14	12.9	69.3
16	4.81	–0.11	4.13	+0.03	3.63	–0.82	7.21	–2.85	10.8	66.5
32	4.82	–0.12	4.15	+0.05	3.35	–1.10	4.90	–5.16	8.25	59.4
$НСР_{05}$	0.12		0.07		0.41		0.58		–	–
Серая лесная почва										
Продолжительность загрязнения 6 ч										
Гор. А1 (5–19 см)										
Фон	6.35		5.42		1.33		14.6		15.9	91.6
Нефть, л/м^2										
4	5.98	–0.37	5.35	–0.07	1.85	+0.52	14.7	+0.12	16.6	89.1
8	5.97	–0.38	5.32	–0.10	1.88	+0.55	13.6	–0.97	15.5	87.9
16	6.03	–0.32	5.17	–0.25	2.33	+1.00	12.6	–1.98	15.0	84.4
32	5.85	–0.50	5.13	–0.29	2.30	+0.97	12.3	–2.28	14.6	84.3
$НСР_{05}$	0.23		0.16		0.33		0.67			
Гор. А1А2 (19–33 см)										
Фон	6.10		5.17		1.98		12.9		14.9	86.7

Таблица 3 (окончание)

Вариант	pH_{H_2O}		pH_{KCl}		$H_г$		S		ЕКО, мг-экв/100 г	V, %
					мг-экв/100 г					
	1	2	1	2	1	2	1	2		
Нефть, л/м^2										
4	5.98	–0.12	5.22	–0.05	2.32	+0.34	12.8	–0.04	15.2	85.7
8	5.97	–0.13	5.15	–0.02	2.63	+0.65	12.3	–0.57	14.9	83.5
16	5.98	–0.12	5.12	–0.05	3.30	+1.32	11.8	–1.04	15.1	78.2
32	5.88	–0.22	5.07	–0.10	3.37	+1.39	10.7	–2.19	14.1	76.1
$НСР_{05}$	0.11		0.11		0.21		0.41			
Продолжительность загрязнения 1 год										
Гор. А1 (5–19 см)										
Фон	5.18		5.19		3.63		21.6		25.2	85.3
Нефть, л/м^2										
4	5.16	–0.02	5.11	–0.07	2.69	–0.95	20.4	–1.2	23.1	88.3
8	5.18	0.00	4.75	–0.43	2.44	–1.19	19.1	–2.5	21.5	88.6
16	5.20	+0.02	4.68	–0.51	2.88	–0.75	19.8	–1.8	22.7	87.3
32	5.19	+0.01	4.47	–0.71	2.80	–0.84	18.1	–3.5	20.9	86.7
$НСР_{05}$	0.10		0.81		0.64		2.2			
Гор. А1А2 (19–33 см)										
Фон	5.53		5.12		4.61		27.2		31.8	85.5
Нефть, л/м^2										
4	5.47	–0.05	4.75	–0.37	3.47	–1.14	21.2	–6.0	24.7	85.9
8	5.44	–0.08	4.69	–0.43	3.50	–1.11	20.3	–6.9	23.8	85.2
16	5.39	–0.14	4.14	–0.98	2.93	–1.69	20.8	–6.4	23.7	87.6
32	5.43	–0.09	4.02	–1.10	3.58	–1.04	22.1	–5.1	25.7	86.0
$НСР_{05}$	0.15		0.97		0.79		2.6			

оснований. Емкость катионного обмена и степень насыщенности основаниями по мере возрастания доз нефти в основном снижались (табл. 3).

В серой лесной почве годичное нефтяное загрязнение не изменяло pH_{H_2O} и pH_{KCl} в гор. А1. Дозы нефти 4–32 л/м^2 уменьшали гидролитическую кислотность, 8 и 32 л/м^2 – сумму обменных оснований. В гор. А1А2 нефтяное загрязнение не изменяло pH_{H_2O}, дозы 16–32 л нефти/м^2 снижали pH_{KCl}, дозы 4–32 л/м^2 уменьшали величины $H_г$ и суммы обменных оснований. При нефтяном загрязнении в обоих горизонтах отмечена тенденция к снижению емкости катионного обмена по сравнению с фоном, за счет увеличения степени насыщенности основаниями.

В работе [12] отмечено, что в серой лесной почве Татарстана под действием нефти снижались емкость катионного обмена, гидролитическая и обменная кислотность, что, по мнению авторов, было связано как со слабощелочной реакцией самой нефти, так и со снижением подвижности водородных катионов в результате обволакивания почвенных частиц нефтяной пленкой. Сопоставление агрохимических показателей почв, отобранных через 15 сут, 1-го года после загрязнения, показало, что ухудшение их свойств происходило с момента загрязнения, хотя одновременно была обнаружена тенденция к постепенному восстановлению утраченных свойств, особенно в слабозагрязненной почве.

Основу множества элементарных процессов почвообразования составляет биохимическая деятельность микроорганизмов [13]. По мнению С.Н. Виноградского, "плотность микроорганизмов пропорциональна их активности" [14], и чем они активнее, тем выше интенсивность круговорота веществ в почве и ее устойчивость к антропогенным воздействиям. Нарушение микробных сообществ может стать причиной разрушения почв и наземных экосистем. Поэтому важно своевременно обнаружить не только изменения физических, химических, физико-химических параметров, но и отклонения состояния почвенной микробиоты от нормального фона [15].

Микробиота поддерживает гомеостаз почвы. Благодаря малым размерам ее представители

имеют бóльшую относительную поверхность контакта со средой обитания. Высокие скорости размножения и роста дают возможность в короткий срок проследить за действием любого экологического фактора в течение десятков и даже сотен поколений. Ответные реакции микроорганизмов – быстрые, чувствительные и касаются различных сторон их жизнедеятельности. Именно чувствительность и высокая индикационная способность микроорганизмов позволяют избрать их в качестве инструмента мониторинга антропогенных воздействий [16].

Признано, что биомасса почвенной биоты является лучшей характеристикой по сравнению с численностью ее организмов, а биологическую активность лучше оценивать с помощью интегральных показателей, среди которых наиболее распространено определение "дыхания почвы" по интенсивности эмиссии CO_2.

Загрязнение 4 л нефти/м^2 дерново-подзолистой почвы Юго-Запада Нечерноземной зоны России в течение 6 ч увеличивало в гор. А1 суммарную биомассу микроорганизмов по сравнению с фоном, в гор. А1А2 наблюдали лишь похожую тенденцию. Увеличение доз нефти до 8–32 л/м^2 вызывало существенное снижение их биомассы, вплоть до гибели микроорганизмов. Эмиссия CO_2 уменьшалась при дозах 8–32 л нефти/м^2. Загрязнение в течение года нефтью в дозе 4 л/м^2 увеличивало в гор. А1 суммарную биомассу микроорганизмов, дозами 8–32 л/м^2 – снижало ее вплоть до гибели микроорганизмов. В гор. А1А2 то же наблюдали при дозах 16–32 л нефти/м^2. Эмиссия CO_2 существенно уменьшалась при загрязнении 8–32 л/м^2 (табл. 4).

Загрязнение серой лесной почвы Юго-Запада Нечерноземной зоны России в течение 6 ч дозами 4–8 л нефти/м^2 уменьшило в гор. А1 суммарную биомассу микроорганизмов, увеличение доз до 16–32 л/м^2 привело к их гибели. В гор. А1А2 загрязнение дозами 4–32 л/м^2 существенно уменьшало суммарную биомассу микроорганизмов. Нефтяное загрязнение снижало эмиссию CO_2 по сравнению с фоном, эти различия были существенными при дозах 8–32 л/м^2. Загрязнение в течение 1-го года в дозах 4–16 л нефти/м^2 существенно уменьшало суммарную биомассу микроорганизмов в гор. А1, увеличение дозы до 32 л/м^2 приводило к их гибели. В гор. А1А дозы 4–32 л нефти/м^2 снижали этот показатель по сравнению с фоном, эмиссия CO_2 уменьшалось при дозах 16–32 л/м^2 (табл. 4).

Полученные данные подтвердили результаты работы [17]: в условиях Татарстана было установлено, что нефтяные углеводороды обладают токсическим действием на почвенную биоту, снижая численность микроорганизмов, за исключением грибов.

Вероятно, ухудшение биологических свойств почвы обусловлено токсичностью легких фракций нефти, а также проявлением гидрофобности почвенных частиц под действием ее тяжелых фракций.

Таким образом, как количество, так и продолжительность нефтяного загрязнения определяют значительные изменения свойств и режимов почв Юго-Запада России, которые приводят к их деградации. Считают [18], что деградация почв – это изменение в функционировании почвенной системы, и/или в составе и строении твердой фазы, и/или регуляторной функции почв, имеющее результатом отклонение от экологической нормы и ухудшение параметров, важных для функционирования биоты и человека. При нефтяном загрязнении происходит изменение физических, химических, физико-химических и биологических характеристик почв, что представляет угрозу экологической стабильности.

Минимальный уровень содержания нефти в конкретной почве, выше которого наступает ухудшение качества почвенной системы, называют верхним безопасным уровнем концентрации нефти. Величина этого показателя зависит от сочетания многих факторов, прежде всего строения почвы, ее состава и свойства, климатических условий, состава нефти, типа растительности, особенностей землепользования и пр.

Для нормирования нефтяного загрязнения почв недостаточно установления верхнего безопасного уровня концентрации нефти, т. к. он может меняться. Если он невелик, то почвы обладают способностью к самоочищению, в них действуют физико-химические и микробиологические процессы разрушения нефтяных углеводородов. Когда источник загрязнения оперативно устранен, то концентрация нефти в почвах будет снижаться и достигнет безопасного уровня. В таком случае нет смысла проводить рекультивационные работы, т. к. они нанесут почве еще больший экологический вред.

Без рекультивации не обойтись в случае разлива большого количества нефти. При этом важен уровень загрязнения нефтью конкретной почвы, выше которого она не может самоочиститься. Его называют верхним пределом потенциала самоочищения. Почвы, загрязненные нефтью выше этого предела, подлежат рекультивации, поскольку самостоятельно не могут выйти из состояния

Таблица 4. Биологические свойства дерново-подзолистой и серой лесной почв при загрязнении нефтью

Вариант	Суммарная биомасса микроорганизмов, мкг С/г почвы				Эмиссия С-CO_2, кг/га/ч	
	гор. А1		гор. А1А2			
	1	2	1	2	1	2
Дерново-подзолистая почва						
Продолжительность загрязнения 6 ч						
Фон	154	–	164	–	0.17	–
Нефть, л/м^2						
4	329	+175	185	+21	0.16	–0.01
8	0	–154	103	–62	0.14	–0.03
16	0	–154	0	–164	0.15	–0.02
32	0	–154	0	–164	0.13	–0.04
$НСР_{05}$	69		47		0.02	
Продолжительность загрязнения 1 год						
Фон	193	–	161	–	0,34	–
Нефть, л/м^2						
4	236	+43	129	–32	0,32	–0,02
8	140	–54	150	–11	0,24	–0,10
16	0	–193	54	–107	0,20	–0,14
32	0	–193	0	–161	0,13	–0,21
$НСР_{05}$	39		45		0.06	
Серая лесная почва						
Продолжительность загрязнения 6 ч						
Фон	170	–	98.1	–	0.32	–
Нефть, л/м^2						
4	66	–104	69.6	–28.5	0.28	–0.04
8	40	–130	58.6	–39.5	0.16	–0.16
16	0	–170	0	–98.1	0.10	–0.22
32	0	–170	0	–98.1	0.09	–0.23
$НСР_{05}$	27		0.06		0.06	
Продолжительность загрязнения 1 год						
Фон	184	–	104	–	0.17	–
Нефть, л/м^2						
4	58	–127	29	–75	0.16	–0.01
8	55	–129	24	–80	0.15	–0.02
16	29	–155	20	–84	0.12	–0.05
32	0	–184	7	–98	0.10	–0.07
$НСР_{05}$	35		18		0.03	

деградации и оказывают негативное хроническое влияние на окружающую среду [19].

Верхний безопасный уровень концентрации нефти для конкретной почвы принимают за ориентировочный уровень допустимой концентрации загрязнения. С ним конкретная почва может справиться самостоятельно – в течение одного года она восстановит свое исходное состояние. При такой степени загрязнения почву нецелесообразно рекультивировать ни одним из известных способов.

Когда загрязнение превышает ориентировочный уровень допустимой концентрации нефти в почве, то рекультивации не избежать. В настоящее время чаще всего ликвидируют разливы нефти на почву выжиганием, захоронением загрязненной почвы чистым песком, удалением загрязненного слоя почвы (скальпированием) с последующей

Таблица 5. Степень деградации дерново-подзолистой и серой лесной почв при загрязнении нефтью

Вариант	Свойства почвы													Степень деградации почвы, баллы
	физические			химические				физико-химические				биологические		
	плотность, г/см^3	плотность твердой фазы, г/см^3	удельная поверхность, м^2/г	$C_{общ}$, %	$N_{общ}$, %	P_2O_5, мг/100 г	K_2O, мг/100 г	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	$H_г$, мг-экв/100 г	S, мг-экв/100 г	суммарная биомасса микроорганизмов, мкг С/г	эмиссия CO_2, кг/га/ч	
Дерново–подзолистая почва														
Продолжительность загрязнения 6 ч														
Фон	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0
Нефть, л/м^2														
4	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	8
	–	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	–	4
8	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	11
	–	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	–	7
16	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	12
	–	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	–	8
32	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13
	–	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	–	10
Продолжительность загрязнения 1 год														
Фон	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0
Нефть, л/м^2														
4	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	5
	–	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	–	4
8	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	10
	–	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	–	2
16	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	10
	–	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	–	7
32	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	11
	–	0	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	–	7
Серая лесная почва														
Продолжительность загрязнения 6 ч														
Фон	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0
Нефть, л/м^2														
4	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	9
	–	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	–	7
8	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	11
	–	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	–	9
16	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
	–	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	–	9
32	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	12
	–	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	–	9
Продолжительность загрязнения 1 год														
Фон	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	–	0

Таблица 5 (окончание)

Вариант	Свойства почвы													Степень деградации почвы, баллы
	физические			химические				физико-химические				биологические		
	плотность, г/см^3	плотность твердой фазы, г/см^3	удельная поверхность, м^2/г	$C_{общ}$, %	$N_{общ}$, %	P_2O_5, мг/100 г	K_2O, мг/100 г	pH_{H_2O}	pH_{KCl}	$H_г$, мг-экв/100 г	S, мг-экв/100 г	суммарная биомасса микроорганизмов, мкг С/г	эмиссия CO_2, кг/га/ч	
Нефть, л/м^2														
4	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	6
	–	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	–	6
8	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	6
	–	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	1	–	5
16	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	6
	–	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	–	6
32	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	8
	–	0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	–	7

Примечание. Над чертой – гор. А1, под чертой – горизонт $A1A_2$.

засыпкой оставшейся части почвенного профиля привезенным чистым субстратом. По различным причинам эти способы не везде и не всегда применимы и не позволяют полностью устранить негативные экологические последствия [19].

Поэтому определение экологически допустимых параметров нефтяного загрязнения для основных почв региона, которые не оказывают катастрофического влияния на почвенную систему, позволит обоснованно подойти к оценке степени их загрязнения и оперативно принять правильные решения. Это снизит как прямой, так и побочный экологический ущерб после нефтяной аварии и создаст нормативную базу для разработки оптимальных природоохранных стратегий (табл. 5).

При 6-часовом нахождении нефти на поверхности дерново-подзолистой и серой лесной почв в обоих верхних генетических горизонтах степень деградации зависела от количества разлитой нефти. Загрязнение нефтью >4 л/м^2 негативно влияло на дерново-подзолистую почву. В гор. А1 и А1А2 серой лесной почвы изменения происходили при увеличении нефтяного загрязнения >8–16 л/м^2. Степень деградации серой лесной почвы при дальнейшем увеличении загрязнения не изменялась.

При годичном нахождении нефти на поверхности дерново-подзолистой и серой лесной почв в обоих верхних генетических горизонтах степень деградации также зависела от количества разлитой нефти. Загрязнение >8 л/м^2 негативно влияло на дерново-подзолистую почву, особенно в гор. A_1. В гор. А1 и А1А2 серой лесной почвы степень деградации была примерно одинаковой, негативные изменения произошли при нефтяном загрязнении 32 л/м^2.

ВЫВОДЫ

1. В условиях Юго-Запада Нечерноземной зоны России поверхностное загрязнение нефтью дерново-подзолистой и серой лесной почв влияло на их физические, химические, физико-химические и биологические свойства, что определило различную степень их деградации. При 6-часовом и годичном нефтяном загрязнении в верхних генетических горизонтах почв степень деградации зависела от количества разлитой нефти.

2. Негативное действие разлива нефти, находившейся на поверхности в течение 6 ч, для дерново-подзолистой почвы наступало при ее количестве >4 л/м^2, для серой лесной почвы – >8–16 л/м^2. Степень деградации серой лесной почвы при дальнейшем увеличении количества нефти не изменялась.

3. Годичное загрязнение нефтью в количестве >8 л/м^2 негативно влияло на дерново-подзолистую почву, особенно в гор. А1. В гор. А1 и А1А2 серой лесной почвы степень деградации была примерно одинаковой, катастрофические изменения происходили при нефтяном загрязнении 32 л/м^2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экологический атлас России / Под ред. Касимова Н.С. М.: Карта, 2002. 128 с.
2. *Андерсон Р.К., Мукатанов А.Х., Бойко Т.Ф.* Экологические последствия загрязнения почв нефтью // Экология. 1980. № 6. С. 16–25.
3. *Коронелли Т.В.* Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводородов в окружающей среде (обзор) // Прикл. биохим. и микробиология. 1996. Т. 32. № 6. С. 579–585.
4. *Солнцева Н.П., Гусева О.А., Горячкин С.В.* Моделирование процессов миграции нефти и нефтепродуктов в почвах тундры // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1996. № 2. С. 23–28.
5. *Халимов Э.М., Левин СВ., Гузев В.С.* Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти на свойства почвы // Вестн. МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1996. № 2. С. 11–17.
6. *Киреева Н.А., Мифтахова А.М., Кузяхметов Г.Г.* Влияние загрязнения нефтью на фитотоксичность серой лесной почвы // Агрохимия. 2001. № 5. С. 64–69.
7. *Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А.* Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
8. *Растворова О.Г.* Физика почв (Практическое руководство). Л.: Изд-во ЛГУ, 1983. 196 с.
9. Практикум по агрохимии: Учебн. пособ. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. Минеева В.Г. М.: Изд-во МГУ, 2001. 689 с.
10. *Благодатский С.А.* Регидратационный метод определения биомассы микроорганизмов в почве // Почвоведение. 1987. № 4. С. 64–71.
11. *Хазиев Ф.Х., Тишкина Е.И., Киреева Н.А., Кузяхметов Г.Г.* Влияние нефтяного загрязнения на некоторые компоненты агроэкосистемы // Агрохимия. 1988. № 2. С. 56–61.
12. *Фарахова И.З.* Агрохимические свойства и приемы рекультивации нефтезагрязненных серых лесных почв Предкамья Республики Татарстан: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Казань, 2009. 20 с.
13. *Гиляров М.С., Криволуцкий Д.А.* Жизнь в почве. М.: Мол. гвардия, 1985. 191 с.
14. *Виноградский С.Н.* Микробиология почвы. М.: Изд-во АН СССР, 1952. 792 с.
15. *Добровольский Г.В., Розанов Б.Г., Гришина Л.А., Орлов Д.С.* Проблемы мониторинга и охраны почвы // Тез. докл. VII делегатского съезда ВОП. Кн. 6. Ташкент, 1985. С. 255–265.
16. *Никитина З.И.* Микробиологический мониторинг наземных экосистем. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. 222 с.
17. *Хазиев Ф.Х., Фатхиев Ф.Ф.* Изменение биохимических процессов в почвах при нефтяном загрязнении и активация разложения нефти // Агрохимия. 1981. № 10. С. 102–111.
18. *Герасимова М.И., Караваева Н.А., Таргульян В.О.* Деградация почв: методология и возможности картографирования // Почвоведение. 2000. № 3. С. 358–365.
19. *Пиковский Ю.И., Геннадиев А.Н., Чернянский С.С., Сахаров Г.Н.* Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. 2003. № 9. С. 1132–1140.

Effect of Oil Contamination on Soils in the Southwestern Regions of the Nonchernozemic Zone, Russia

E.V. Prosyannikov, E.V. Smol'sky, A.S. Gushcha

Bryansk State Agricultural Academy
Kokino, Vygonichi raion, Bryansk oblast, 243365 Russia
E-mail: p_e_v_32@mail.ru

The effect of mineral oil spilled from the Druzhba oil pipeline onto the surface of a natural forage land at a rate of 4–32 l/m^2 during 6 h and 1 year on the properties of soddy-podzolic and gray forest soils in the Southwestern Nonchernozemic zone of Russia was studied. It was found that negative consequences began at an oil rate of >4 l/m^2 for soddy-podzolic soil and >8–16 l/m^2 for gray forest soil, when oil occurred for 6 h on the soil surface. The contamination with oil during one year negatively affected the soddy-podzolic soil at a rate of >8 l/m^2 and the gray forest soil at a rate of 32 l/m^2.

Keywords: oil contamination, soil, Southwestern Nonchernozemic zone of Russia.