

Краткие результаты экологического мониторинга в районах хранения нефтешламов

Байтелова А. И., Бурцева Т. И., Рахимова Н. Н.

*Оренбургский государственный университет
Оренбург, Россия
baitelova@outlook.com; burtat@yandex.ru; rahimovann@mail.ru*

Проведен экологический мониторинг территорий Оренбургской области с интенсивной добычей нефти, и как следствие, с большим количеством несанкционированных площадок временного хранения нефтешламов – Переволоцкий, Красногвардейский, Первомайский и Сакмарский районы. Проанализировано содержание тяжелых металлов (кобальта, никеля, марганца и хрома), входящих в состав нефтяных шламов, в пробах почвы и зерна пшеницы, отобранных на расстоянии 100 и 2000 м от границ объектов временного хранения нефтешламов. Полученное содержание исследуемых микроэлементов не превышало ПДК. Проведен сравнительный анализ полученных концентраций тяжелых металлов в землях сельскохозяйственного назначения и зерне пшеницы по сравнению с их фоновыми значениями. Установлены достоверные отличия по концентрациям тяжелых металлов в исследуемых образцах почвы и пшеницы относительно фоновых значений. Содержание исследуемых микроэлементов в загрязненной шламом почве, находящейся рядом с площадками временного хранения нефтешламов у трех населенных пунктов Первомайский, Архиповка и Кинзелька, выше фоновых значений в 1,2–2,2 раза. Анализ концентраций исследуемых микроэлементов в зерне пшеницы показал, что концентрация во всех случаях была выше в пробах пшеницы, выращенной вблизи площадок хранения нефтешламов. Проведен корреляционный анализ, установлены прямые и обратные связи между содержанием микроэлементов в почве и зерне, которые указывают на качественный отбор проб и показывают миграцию исследуемых микроэлементов в зерно пшеницы.

Ключевые слова: экологический мониторинг, хранение нефтешламов, содержание микроэлементов в почве, содержание микроэлементов в пшенице.

ВВЕДЕНИЕ

Как известно Оренбургская земля богата углеводородами, так много лет в регионе идет добыча и переработка газа. Сегодня область переживает бурное развитие нефтедобычи, так на территории области разведано 192 месторождения. К наиболее нефтеносным районам относятся: Бузулукский, Асекеевский, Сакмарский, Бугурусланский, Переволоцкий, Сорочинский, Первомайский, Новосергиевский и Красногвардейский, на территориях которых размещено около 50 % всех месторождений. Крупные запасы нефти сосредоточены также в оторочках Оренбургского газонефтеконденсатного месторождения в Оренбургском районе. На сегодняшний день идет активная добыча нефти и газа сразу на нескольких месторождениях. Несмотря на то, что технология разведки, бурения и добычи нефти постоянно, комплексно модернизируется и совершенствуется, процесс добычи и переработки нефти связан с образованием огромного количества нефтешламовых отходов. Этот вид отходов содержит в себе огромное количество химических соединений, в том числе токсичных. Известно, что нефтешламы относятся к отходам 2–4 класса опасности. В этой связи хранение данного вида отходов требует соблюдение множества условий, начиная от выделения земельного участка и до специально оборудованной площадки. Так в Санитарных правилах 127.13330.2023 «Объекты размещения отходов производства. Основные положения по проектированию» четко прописаны все требования и нормы, однако на практике данные правила не всегда соблюдаются, а зачастую нивелируются, что приводит к колоссальным экологическим последствиям.

В этой связи мы провели экологический мониторинг прилегающих земель сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственной продукции, выращенной на этой земле.

Цель настоящих исследований – оценка влияния тяжелых металлов, входящих в состав нефтяных шламов, расположенных на объектах их временного хранения, на качество земель сельскохозяйственного назначения и сельскохозяйственной продукции.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Экологическому мониторингу подверглась территория 4 площадок временного хранения нефтешламов, расположенных у границ населенных пунктов Оренбургской области: Переволоцк Переволоцкого района, Первомайский Первомайского района, Архиповка Сакмарского района и село Кинзелька Красногвардейского района.

Осенью 2023 года нами были отобраны пробы почвы и пшеницы с земель сельскохозяйственного назначения, расположенные в 100 метрах от границ площадок хранения нефтешламов. Всего было отобрано по 10 проб почвы и по 10 проб зерна пшеницы. Так же для сравнения в качестве фоновых проб были отобраны по 10 проб почвы и пшеницы в радиусе 2-х километров от границ площадок временного хранения нефтешламов. Отбор проб почвы осуществлялся согласно МУ по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения (М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003), зерно пшеницы отбирали по ГОСТ 26312.1-84 «Крупа». Все отобранные пробы транспортировали и хранили в сухом, прохладном месте.

Исследование проводили в Федеральном научном центре биологических систем и агротехнологий Российской академии наук. Применяемое оборудование: Весы лабораторные СЕ-224-С (поверка 07.08.2023), Спектрометр атомно-абсорбционный «Квант-2» (поверка 31.10.2023). В пробах определяли подвижные формы микроэлементов: кобальт, никель, марганец и хром.

Статистическую обработку материала производили с использованием пакета программ MS Excel и программы STATISTICA version 6.1. Тип распределения для выборок определяли с помощью критерия Шапиро-Уилка. Для описания количественных данных, имеющих нормальное распределение, использовали среднее арифметическое (M), стандартную ошибку среднего арифметического (m).

Достоверность различий изучаемых параметров анализировали с применением критериев Фишера–Стьюдента и Манна–Уитни: за достоверные принимали различия при значениях $<0,05$. Для определения тесноты и достоверности связи между параметрами применяли критерий ранговой корреляции Спирмена (r_s), который является непараметрическим аналогом коэффициента Пирсона для интервальных и порядковых переменных, не подчиняющихся нормальному распределению.

Коэффициент равен $+1,0$ при прямой связи, $-1,0$ – при обратной связи, 0 – при отсутствии связи. Сила корреляционной связи оценивалась качественно: при r от 0 до $-0,3$ и до $+0,3$ – как отсутствие ее или слабая; при r до $0,5$ – как умеренная; при r от $0,51$ до $0,7$ – как средняя; при r более $0,71$ – как сильная (Лакин, 1980).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из литературы известно, что исследуемые микроэлементы являются эссенциальными элементами для живых организмов, в том числе для организма человека (Скальный, Рудаков, 2004). В тоже время избыточное поступление марганца, никеля, хрома и кобальта в живые организмы может вызывать негативные реакции (Burtsev et al., 2024; Побилат и др., 2024). В таблице 1, мы продемонстрировали содержание подвижных форм микроэлементов в исследуемых пробах почвы. Сразу необходимо отметить, что содержание исследуемых микроэлементов не превышало ПДК.

При рассмотрении полученных результатов обращают на себя внимание достоверные отличия содержания микроэлементов в исследуемых образцах почвы. Так по Переволоцкому району содержание кобальта достоверно в два раза выше в почве у площадки относительно фонового значения. Тогда как концентрация хрома достоверно выше только на $0,01$ мг/кг.

Анализируя концентрации исследуемых элементов в образцах почвы Первомайского района так же были установлены достоверные отличия по кобальту, никелю и хрому. Причем содержание этих элементов, а также марганца были в полтора - два раза выше фоновых значений.

Таблица 1

Содержание микроэлементов в почве в отдельных пунктах Оренбургской области

Пункт	Показатель	Содержание микроэлементов в почве, мг/кг	
		Почва с сельскохозяйственных полей, удаленных от полигона	Почва у полигона хранения нефтешламов
Архиповка	Кобальт	0,11±0,002	0,152±0,002
	Никель	0,629±0,003	1,4±0,024
	Хром	0,122±0,002	0,178±0,002
	Марганец	80,34±0,149	88,27±0,198
Кинзелька	Кобальт	0,0642±0,002	0,17±0,002
	Никель	0,798±0,017	1,2±0,017
	Хром	0,1±0,009	0,296 ± 0,006
	Марганец	73,21±0,126	91,07±0,135
Переволоцк	Кобальт	0,13±0,004	0,27±0,007 *
	Никель	1,2±0,03	1,4±0,02
	Хром	0,07±0,002	0,08±0,001 *
	Марганец	53±0,122	146±18,8
Первомайск	Кобальт	0,02±0,001	0,28 ± 0,005 *
	Никель	0,9±0,008	1,2±0,019 *
	Хром	0,078±0,001	0,117±0,012 *
	Марганец	49,69±0,16	77,02±1,33

Примечание к таблице: * – отличия достоверны при $p < 0,05$; ПДК (мг/кг): кобальт – 5, никель – 4, хром – 6, марганец – 1500.

Что касается проб почвы, отобранных у сел Архиповка и Кинзелька, то достоверных отличий мы не установили, однако содержание исследуемых микроэлементов в загрязненной шламом почве во всех случаях выше фоновых значений в 1,2–2,2 раза.

Следующим этапом исследования был анализ проб зерна, выращенного на сельскохозяйственных полях непосредственно у площадок хранения нефтешламов. А также зерна пшеницы, выращенной не ближе одного километра от площадок – эти данные мы рассматривали как фоновые значения изучаемых микроэлементов. Данные по установленным концентрациям микроэлементов представлены в таблице (табл. 2).

Анализ установленных концентраций исследуемых микроэлементов в зерне пшеницы показал, что концентрация во всех случаях была выше в пробах пшеницы, выращенной вблизи площадок хранения нефтешламов. Причем установлены достоверные отличия. Так в Архиповке содержание никеля в 2 раза достоверно выше фона. В селе Кинзелька достоверные отличия установлены по содержанию кобальта, никеля и хрома. А в Переволоцке

концентрация никеля в зерне пшеницы у площадок хранения нефтешламов достоверно выше в 1,2 раза относительно фоновых значений. Тогда как в Первомайском районе достоверное отличие установлено только для хрома, он в 1,2 раза выше относительно фона.

Таблица 2

Содержание микроэлементов в зерне пшеницы в отдельных пунктах Оренбургской области

Пункт	Показатель	Содержание микроэлементов в зерне, мг/кг	
		Зерно с сельскохозяйственного поля	Зерно у полигона хранения нефтешламов
Архиповка	Кобальт	0,005±0,0003	0,043±0,012
	Никель	0,252±0,032	0,405±0,026 *
	Хром	0,61±0,03	0,073±0,005
	Марганец	27,32±0,49	40,9±0,9
Кудзелька	Кобальт	0,02±0,002	0,03±0,002 *
	Никель	0,065±0,004	0,137±0,013 *
	Хром	0,044±0,002	0,07±0,004 *
	Марганец	20,91±0,6	43,7±2,9
Переволоцк	Кобальт	0,005±0,0003	0,03±0,001
	Никель	0,43±0,03	0,52±0,02 *
	Хром	0,07±0,004	0,08±0,004
	Марганец	40,9±0,9	36,7±1,7
Первомайск	Кобальт	0,01±0,001	0,014±0,001
	Никель	0,157±0,01	0,209±0,02
	Хром	0,057±0,002	0,07±0,004 *
	Марганец	20,91±0,62	30,89±1,1

Примечание к таблице: * – отличие достоверно при $p < 0,05$; ПДК (мг/кг): кобальт – 5, никель – 4, хром – 6, марганец – 1500.

С целью установления возможного влияния на концентрацию в зерне исследуемых микроэлементов мы провели корреляционный анализ, так как корреляционная связь – это согласованное изменение двух признаков, отражающее тот факт, что изменчивость одного признака находится в соответствии с изменчивостью другого (таб. 3–5).

В результате проведенного анализа установили прямые и обратные связи между содержанием микроэлементов в почве и зерне:

Архиповка, $Co_{\text{полигон}} - 0,621$; $Mn_{\text{поле}} - -0,502$

Кинзелька, $Co_{\text{поле}} - -0,527$; $Ni_{\text{полигон}} - -0,581$

Переволоцк, $Co_{\text{поле}} - 0,628$; $Cr_{\text{поле}} - 0,957$; $Mn_{\text{полигон}} - 0,572$

Первомайск, $Cr_{\text{полигон}} - 0,972$

Установленные средние и сильные корреляционные связи указывают, во-первых, на качественный отбор проб, а во-вторых, показывают миграцию исследуемых микроэлементов в зерно пшеницы.

Таблица 3

Корреляционный анализ Архиповка

Почва/ зерно	Кобальт поле	Кобальт полигон	Никель поле	Никель полигон	Хром поле	Хром полигон	Марганец поле	Марганец полигон
Кобальт поле		0,701			-0,711			
Кобальт полигон		0,621		0,696	-0,565			
Никель поле		0,701	0,496	0,457	-0,711			
Никель полигон	0,635							0,536
Хром поле								0,552
Хром полигон		0,546				0,553		
Марганец поле		-0,509				0,569	-0,502	
Марганец полигон				-0,706	0,721	-0,663		

Таблица 4

Корреляционный анализ Кинзелька

Почва/ зерно	Кобальт поле	Кобальт полигон	Никель поле	Никель полигон	Хром поле	Хром полигон	Марганец поле	Марганец полигон
Кобальт поле	-0,527						-0,696	
Кобальт полигон								
Никель поле								
Никель полигон				-0,581				
Хром поле				-0,561				
Хром полигон		-0,624	-0,764					
Марганец поле					-0,609			-0,607
Марганец полигон			-0,689	0,512		0,687		

Таблица 5

Корреляционный анализ Переволоцк

Почва/ зерно	Кобальт поле	Кобальт полигон	Никель поле	Никель полигон	Хром поле	Хром полигон	Марганец поле	Марганец полигон
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кобальт поле	0,628							
Кобальт полигон	0,715			-0,594			0,569	
Никель поле				-0,608				
Никель полигон					0,503			

Таблица 5 (продолжение)

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Хром поле		0,506			0,957	0,952		0,544
Хром полигон								
Марганец поле	-0,795			0,992				
Марганец полигон			-0,609				0,851	0,572

Таблица 6

Корреляционный анализ Первомайск

Почва/ зерно	Кобальт поле	Кобальт полигон	Никель поле	Никель полигон	Хром поле	Хром полигон	Марганец поле	Марганец полигон
Кобальт поле				0,999				
Кобальт полигон				0,969				
Никель поле		0,558			-0,625			
Никель полигон	-0,633	-0,512						-0,665
Хром поле	-0,581	-0,502						-0,65
Хром полигон						0,972		
Марганец поле	-0,564	-0,676		0,8	0,622			
Марганец полигон						0,973		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установленные нами достоверные отличия по концентрациям микроэлементов в исследуемых образцах относительно фоновых значений указывают на загрязнение нефтешламами близлежащих земель сельскохозяйственного назначения. Корреляционный анализ показал прямые и обратные связи между содержанием микроэлементов в почве и зерне, что указывает на миграцию исследуемых микроэлементов из почвы в зерно пшеницы, это позволяет с определенной уверенностью сказать, что содержание в почве исследуемых микроэлементов оказывает непосредственное влияние на их содержание в зерне. Причем, если не предпринимать мер по ликвидации площадок временного хранения нефтешламов, а также игнорировать правила организации хранения нефтешламовых отходов, то стоит ожидать дальнейшее накопление кобальта, никеля, хрома и марганца во все возрастающих концентрациях в землях сельскохозяйственного назначения и как следствие экологическую катастрофу.

Список литературы

- Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высшая школа экономики, 1990. – 352 с.
 Побилат А. Е., Киричук А. А., Сальникова Е. В., Байтелова А. И., Рахимова Н. Н., Бурцева Т. И. Элементный статус населения как индикатор экологического загрязнения // АгроЭкоИнфо, 2024. – № 1 (61). – С. 4.
 Скальный А. В., Рудаков И. А. Биоэлементы в медицине. – М.: Издательский дом «ОНИКС 21 век»: Мир, 2004. – 272 с.
 Burtsev G. I., G. I. Burtsev, I. A. Kharisov, E. A. Selezeneva, T. I. Burtseva The content of selenium in the oil of some regions of Russia // Trace Elements and Electrolytes. – 2021. – Vol. 38, iss. 3 : Meeting of the Russian Society for Trace Elements in Medicine (RUSTEM) : Abstracts of the Meeting in Orenburg State University, 12-13 May 2021,

Orenburg, Russia / Orenburg State University, Orenburg, Russia ; Trace Element Institute for UNESCO, Lyon, France; Russian Society for Trace Elements in Medicine (RUSTEM), Moscow, Russia. – P. 137.

Baitelova A. I., Burtseva T. I., Rakhimova N. N. Brief Results of Environmental Monitoring in Oil Sludge Storage Areas // *Ekosistemy*. 2024. Iss. 39. P. 27-33.

Environmental monitoring was conducted in Orenburg Region, specifically in areas characterized by intensive oil production and a significant number of unauthorized temporary oil sludge storage sites, including Perevolotsky, Krasnogvardeysky, Pervomaysky, and Sakmarsky districts. The authors analyzed the content of heavy metals (cobalt, nickel, manganese and chromium), which are part of oil sludge, in soil samples and wheat grains collected at distances of 100 and 2000 m from the boundaries of these temporary storage sites. The obtained concentrations of the studied trace elements did not exceed the maximum permissible concentration. A comparative analysis of the concentrations of heavy metals in agricultural soil and wheat grain was conducted, comparing these levels to their respective background values. Significant differences in the concentrations of heavy metals in the analyzed soil and wheat samples relative to background values were identified. The levels of the trace elements in the sludge-contaminated soil near temporary oil sludge storage sites in the settlements of Pervomaisky, Arkhipovka, and Kinzelka were found to be 1.2 to 2.2 times higher than the background values. The analysis of trace element concentrations in wheat grain revealed that all samples from areas near oil sludge storage sites exhibited higher concentrations compared to those from other locations. Correlation analysis indicated both direct and inverse relationships between the concentrations of trace elements in soil and grain, demonstrating the effectiveness of the sampling methodology and illustrating the migration of the investigated trace elements into wheat grain.

Keywords: environmental monitoring, oil sludge storage, trace element concentrations in soil, trace element concentrations in wheat..

Поступила в редакцию 18.07.24

Принята к печати 18.09.24