

Таипова О.А., Бактыбаева З.Б., Семенова И.Н., Суюндуков Я.Т.
Сибайский филиал академии наук Республики Башкортостан, г. Сибай

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ПОЧВ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К МЕСТОРОЖДЕНИЮ КУЛЬ-ЮРТ-ТАУ

Статья посвящена изучению экологического состояния почв, прилегающих к отвалам карьера Куль-Юрт-Тау. Приведены данные о содержании в почвенном покрове продуктов разложения пирита, прежде всего железа, а также сопутствующих элементов – меди и цинка. Установлено, что на уровень содержания подвижных форм тяжелых металлов в почвах большое значение оказывают такие показатели как рН, влажность и содержание органического вещества.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнение почв, месторождение Куль-Юрт-Тау.

Горнорудная промышленность является одним из наиболее мощных факторов антропогенного преобразования окружающей среды. Опасность загрязнения токсичными химическими элементами, в частности тяжелыми металлами (ТМ), наиболее велика для территорий добычи рудно-минерального сырья.

Экологические проблемы, порожденные деятельностью горно-обогатительных комбинатов, обусловлены составом перерабатываемых руд и технологией их добычи. Известно, что в процессе добычи руд, их переработки и обогащения происходит рассеяние ТМ в природных средах. Мигрируя в ландшафтах, они нередко накапливаются в токсичных концентрациях. При этом нарушается естественное геохимическое равновесие компонентов природной среды. ТМ по степени негативного воздействия на окружающую среду занимают третье место, уступая лишь хлорорганическим соединениям и пестицидам и значительно опережая такие известные загрязнители, как оксиды углерода и серы, нефтепродукты, ароматические соединения [1].

Целью настоящей работы явилось проведение эколого-химического контроля по содержанию тяжелых металлов – железа, цинка, меди, свинца и кадмия в почвах окрестностей месторождения Куль-Юрт-Тау.

Месторождение Куль-Юрт-Тау расположено в 5 км к северу от г. Баймак Республики Башкортостан (РБ). Разработка месторождения, представленного золотосодержащими бурими железняками, велась с 1932 г. Площадь карьера составляет 7,3 га, глубина – 90 м, нижняя часть его затоплена водой. Руды, не соответствующие требованиям кондиций, складировались в отвалы вместе с вскрышными породами. В восточном направлении имеет место подземный поток сточных вод отвалов до реки Таналык. Объем стоков равен 124 куб.м/сутки.

Кроме того, в этом же направлении находятся мощные стоки кислых подотвальных поверхностных вод (рН 0,9–2,0) [2].

Исследования проводили в 2007 г. на пробных площадках, заложенных в северном, восточном, южном и западном направлениях от карьера. Пробы почв брали непосредственно возле отвалов, на удалении 250 м, 500 м и в одном случае 750 м. Контрольный участок (фон) располагался на расстоянии 30 км в северном направлении от карьера на склоне возвышенности.

Почвенные образцы отбирали по общепринятым методикам из слоя 0–20 см в 3-х повторностях. Влажность определяли весовым методом. Определение рН солевой вытяжки (КС1) почвы проводили в соответствии с ГОСТ 26483-85. Содержание гумуса определяли в соответствии с ГОСТ 26213-91. Массовые концентрации подвижных форм цинка, меди, свинца и кадмия определяли методом инверсионной вольтамперометрии с использованием анализатора СТА [3], содержание Fe – атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре «Спектр 5-3».

Кислотность. По шкале В.Т. Емцева [4] изучаемая почва была отнесена к категории «слабокислая», поскольку рН солевых вытяжек почвенных образцов варьировал в диапазоне от 4,4 до 5,7 (табл.), причем этот показатель практически не изменялся при удалении от отвалов. Наиболее низкие значения рН были отмечены непосредственно возле отвалов в западном направлении (рН 4,4), а также на расстоянии 500 м в южном направлении (рН 4,8).

Гумус. Основной фон почвенного покрова Баймакского района составляют черноземы выщелоченные и обыкновенные. На склонах встречаются в основном неполноразвитые каменисто-щебеночные почвы.

Таблица. Некоторые показатели почв, прилегающих к отвалам месторождения Куль-Юрт-Тау

Направление	Пробы	рН (КС1)	Гумус, %	Влажность, %	Содержание подвижных форм металлов, мг/кг возд. сух.					Zc
					Fe	Zn	Cu	Pb	Cd	
восток	У отвалов	5,5	7,0	9,3	87,9±13,9■△ 83,6-94,2	9,1±1,9■△ 20,5-24,5	8,3±1,5■△ 7,80-9,0	1,0±0,2■● 0,9-1,1	0,01±0,01 0,01-0,02	8,4
	250 м	5,2	13,6	19,0	186,4±9,6*■● 182,1-190,1	22,5±5,0*■● 20,5-24,5	2,4±0,6*■● 2,20-2,70	1,2±0,4■● 1,0-1,32	н. о	9,5
	500 м	5,7	5,8	4,2	103,9±8,1*■● 100,3-109,6	1,2±0,8*■● 1,0-1,5	1,2±0,7*■● 1,05-1,55	0,2±0,1*■● 0,15-0,22	н. о	1,5
	750 м	5,4	6,3	5,5	131,7±19,8*■△ 124,3-140,1	4,7±1,7*■△ 4,3-5,5	4,6±1,7*■△ 3,9-5,0	0,5±0,2*■△ 0,4-0,6	0,01±0,01 0,01-0,02	4,7
север	У отвалов	5,3	10,8	12,6	109,9±20,1■△ 102,1-118,3	43,3±18,3■△ 35,0-49,0	1,2±0,5■△ 1,0-1,4	0,5±0,3 0,4-0,6	0,02±0,01■△ 0,01-0,02	13,5
	250 м	5,6	10,0	20,9	89,4±9*■ 85,4-92,5	86,3±18,3*■ 78,0-92,0	1,8±0,6*■ 1,5-2,0	0,6±0,2■ 0,5-0,7	н. о*	25,7
	500 м	5,2	8,2	10,1	64±9,3*△ 59,9-67,2	5,7±1,6*△ 5,0-6,3	0,6±0,3*△ 0,5-0,7	0,4±0,1△ 0,4-0,5	н. о*	2,6
запад	У отвалов	4,4	9,7	11,9	181,6±8,4■△ 178,2-185,0	2,4±0,01■△ 2,1-2,7	0,6±0,8■△ 0,5-0,7	0,1±0,01■△ 0,1-0,1	0,01±0,0 0,01-0,01	1,5
	250 м	5,5	8,5	5,7	38,9±8,9*■ 35,3-42,5	39,8±0,7*■ 37,0-43,0	9,9±7,5*■ 8,6-11,0	1,4±0,3*■ 1,1-1,6	н. о	18,1
	500 м	5,4	8,7	6,0	149,4±10,9*△ 144,9-153,7	11,0±0,19*△ 10,0-12,5	0,9±3,3*△ 0,9-1,0	0,5±0,1*△ 0,5-0,6	0,01±0,00 0,01-0,01	4,6
юг	У отвалов	5,4	8,6	8,0	58,3±7,2■△ 55,2-61,0	3,8±1,5■△ 3,3-4,4	0,6±0,5△ 0,45-0,81	1,01±0,1■△ 1,0-1,1	0,01±0,00 0,01-0,01	2,9
	250 м	5,1	4,8	8,4	96,6±2,9*■ 93,7-99,3	67,7±31,1*■ 55,0-80,0	13,8±4,0*■ 12,0-15,0	н. о*■ н. о	н. о	26,1
	500 м	4,8	8,4	8,3	150,4±8,7*△ 55,2-61,0	13,1±2,0*△ 12,5-14	0,6±0,6△ 0,4-0,9	0,02±0,02*△ 0,01-0,02	н. о	4,3
Контроль		5,0	8,0	10,0	17,1±4,6 15,3-19,0	3,6±1,3 3,1-4,0	1,9±0,2 1,9-2,0	0,7±0,5 0,7-0,8	0,3±0,1 0,3-0,3	
ПДК					-	23,0	3,0	6,00	0,50	

Примечание: в числителе – среднее ± доверительный интервал, в знаменателе – пределы вариации; * – различия достоверны при $p < 0,05$ по отношению к варианту пробных площадок расположенных у отвалов; △ – к варианту пробных площадок, расположенных на расстоянии 250 м от овалов; ■ – к варианту пробных площадок, расположенных на расстоянии 500 м от отвалов; ● – к варианту пробных площадок, расположенных на расстоянии 750 м от отвалов. Н. о. – не обнаружено. Выделенным шрифтом отмечены значения, превышающие ПДК.

В литературе имеются сведения об уменьшении содержания гумуса в почвах, находящихся в зоне техногенного загрязнения, вследствие снижения активности биологических процессов при загрязнении тяжелыми металлами [5]. Согласно литературным данным, среднее содержание гумуса в почвах Баймакского района составляет 8% [6, 7]. Содержание гумуса на изучаемой территории варьировало от 4,8 до 13,6% (таб.).

Тяжелые металлы. Характер загрязнения почв ТМ нами оценивался сравнением результатов исследования как с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), так и с фоновыми показателями.

Из таблицы следует, что содержание подвижных форм цинка и меди в почвах в большинстве случаев не превышало фоновые значения и ПДК за некоторым исключением. Наибольшее содержание цинка (89,4 мг/кг), превышающее ПДК в 3,8 раз, наблюдали в северном

направлении на расстоянии 250 м от отвалов. Высокое содержание меди было отмечено в восточном направлении непосредственно у отвалов и на расстоянии 750 м от них, в западном и южном направлениях – на расстоянии 250 м от отвалов.

Общее содержание свинца в целом не превышало ПДК, но его концентрация на различных участках отличалась по сравнению с фоновым значением. Так, превышение фоновое значения было отмечено в восточном направлении вблизи отвалов и на расстоянии 250 м, в западном – на расстоянии 250 м и в южном – вблизи отвалов.

Кадмий был обнаружен только непосредственно возле отвалов и на расстоянии 500 м в северном, западном и южном и 750 м в восточном направлении. Содержание этого металла ни в одном из исследованных участков не превышало значения фона.

Во всех изученных образцах почвы содержание подвижного железа превышало фоновые значения, что указывает на периодическое смыывание с поверхности руд водорастворимых солей данного металла во всех направлениях, а особенно в восточном направлении по склону у сторону реки Таналык.

Уменьшение содержания изученных металлов в почвах по мере удаления от отвалов установлено не было. Наоборот, в северном, западном и южном направлениях на расстоянии 250 м от отвалов было отмечено превышение содержания цинка как в сравнении с фоновым уровнем, так и с ПДК. Превышение ПДК и фонового значения меди было также выявлено на расстоянии 250 м в западном и южном направлениях и 750 м на восток от отвалов. Возможно, это связано с тем, что вблизи источника загрязнения осаждаются основная часть твердых пылевых частиц, а подвижные формы вымываются из почв атмосферными осадками и переносятся дальше.

Расчет коэффициентов корреляции между концентрациями изученных металлов в почве выявил наличие следующих корреляционных зависимостей, достоверных при $p < 0,05$: в северном направлении положительная корреляция между содержанием цинка и меди, цинка и свинца, свинца и меди; в западном направлении отрицательная корреляция между содержанием цинка и железа, меди и кадмия, в южном направлении – положительная корреляция между содержанием свинца и кадмия. Во всех случаях положительный коэффициент корреляции был близок к 1,0, в случаях отрицательной корреляции – -1,0.

Отмечена достоверная ($p < 0,05$) положительная корреляция между содержанием гумуса и цинка в восточном направлении (значение r близко к 1,0). Между содержанием гумуса и меди

наблюдалась достоверная ($p < 0,05$) отрицательная корреляция (значение r близко к -1,0).

Суммарный показатель загрязнения Z_c .

Оценку уровня загрязнения почв как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения проводят по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и гигиенических исследованиях окружающей среды [8]. Такими показателями являются коэффициент концентрации химического вещества K_c , равный отношению содержания вещества на изучаемом участке к его фоновому содержанию, и суммарный показатель загрязнения Z_c , равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов:

$$Z_c = \sum_i^n K_{ci} - (n-1),$$

где n – число суммируемых элементов.

По результатам анализа содержания ТМ были рассчитаны коэффициенты концентрации K_c , на основе которых был установлен суммарный показатель загрязнения почв Z_c (табл.). В результате было установлено, что к категории загрязнения «умеренно опасная» относились почвы южного, северного и западного направлений на расстоянии 250 м от отвалов (Z_c , равен 26,1; 25,7; 18,1 соответственно), а все остальные пробные площадки имели категорию загрязнения «допустимая» (Z_c 1,5–13,5).

На концентрацию ТМ в почве большое влияние оказывали такие факторы, как влажность и содержание органического вещества, особенно хорошо это было выражено в восточном и северном направлениях (рис.). Была отмечена достоверная ($p < 0,05$) отрицательная корреляция между показателем Z_c и гумусом ($r = -0,99$) в южном направлении, положительная корреляция между влажностью и гумусом ($r = 0,98$).

Таким образом, проведенные исследования показали, что приоритетными загрязнителями почв, прилегающих к отвалам месторождения Куль-Юрт-Тау, являются цинк, медь и железо. А такие ТМ как свинец, несмотря на некоторое повышение его содержания по сравнению с фоном, и кадмий редко достигают концентрации, способной в значительной степени ухудшить состояние почв. Такие факторы, как влажность и содержание органического вещества в почвах в значи-

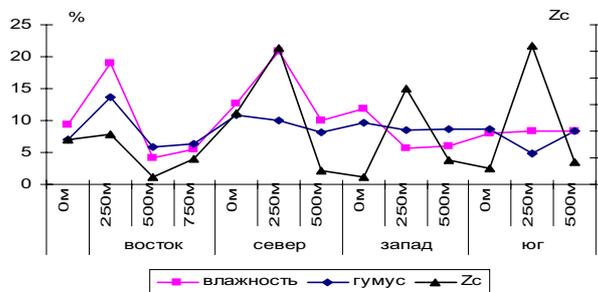


Рисунок. Суммарный показатель загрязнения в зависимости от влажности и гумуса почвы

тельной степени влияют на накопление подвижных форм ТМ.

Работа выполнена в рамках ГНТП РБ «Геология, нефтегазовый комплекс и экология Рес-

публики Башкортостан», «Инновационные технологии, используемые при проведении геолого-разведочных работ, добыче, переработке полезных ископаемых в РБ».

Список использованной литературы:

1. Белан Л.Н. Геоэкология горнорудных районов Башкортостана: монография. – Уфа, РНО БашГУ, 2003. – 178 с.
2. Абдрахманов Р.Ф., Ахметов Р.М., Ковтуненко С.В. Гидрогеоэкологическая обстановка в зоне влияния серноколчеданного месторождения Куль-Юрт-Тау. Геологический сборник №6. Информационные материалы: издательство Института геологии Уфимского научного центра РАН, 2006. – С. 270-272.
3. МУ 08-47/152. Почва. Методика выполнения измерений массовых концентраций кадмия, свинца, цинка и меди методом инверсионной вольтамперометрии.
4. Емцев В.Т., Мишустин Е.И. Микробиология: учебник для вузов. – изд. 6-е, испр. – М.: Дрофа, 2006. 444 с.
5. Евдокимова Г.А., Кислых Е.Е., Мозгова Н.П. Биологическая активность почв в условиях аэротехногенного загрязнения на Крайнем Севере. Л.: Наука, 1984. 120 с.
6. Хазиев Ф.Х., Мукатанов А. Х., Хабиров И.К. и др. Почвы Башкортостана. Уфа: Гелем, 1995. Т. 1. 384 с.
7. Суюндуков Я. Т. Экология пахотных почв Зауралья Республики Башкортостан / Под ред. Чл.-корр. АН РБ Ф. Х. Хазиева. – Уфа: Гилем, 2001. – 256 с.
8. Сает Ю.В., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 334 с.