

Н.В. Журавлева, О.В. Иваныкина, З.Р. Исмагилов, Р.Р. Потокина
СОДЕРЖАНИЕ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ
ВО ВСКРЫШНЫХ И ВМЕЩАЮЩИХ ПОРОДАХ
УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Представлены результаты определения валовых, подвижных и водорастворимых форм токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах угольных месторождений Кемеровской области. Систематизация данных проведена по 112 пробам промышленных отходов вскрышных и вмещающих пород. Концентрации элементов в пробах определялись методами атомно-эмиссионной и атомно-абсорбционной спектроскопии после соответствующей пробподготовки. Из результатов исследований следует, что концентрации валовых форм токсичных элементов (ванадия, меди, свинца, никеля, кадмия, цинка, марганца) не превышают нормируемых показателей для основных типов почв, характерных для Кемеровской области. Для вмещающих пород характерно максимальное валовое содержание ртути (7,1 мг/кг), сурьмы (6,5 мг/кг), мышьяка (18,2 мг/кг), которые являются углефильными элементами и содержатся в большей степени в их органической части. Концентрация валовой формы хрома в отходах угледобычи находится в диапазоне от 20,0 до 171,2 мг/кг, однако содержание данной формы элемента в почвах в РФ не нормируется. Максимальное содержание подвижных форм элементов наблюдается для меди (23,8 мг/кг), никеля (21,0 мг/кг), цинка (82,4 мг/кг) и свинца (51,7 мг/кг). Концентрация подвижных форм марганца во вскрышных и вмещающих породах варьируется в широких диапазонах – от 26,0 до 539,0 мг/кг. По величине кратности превышения показателей для водорастворимых форм токсичных элементов может быть предложен следующий ряд: $Mo > Cu > V > Zn > Mn > As > Cr > Ni > Pb$.

Ключевые слова: токсичные элементы, валовые, подвижные, водорастворимые формы элементов, вскрышные и вмещающие породы, угольное месторождение.

Отходы при добыче полезных ископаемых создают серьезные геоэкологические проблемы на территории Кемеровской области. Так в 2013 г. на территории Кемеровской области образовалось 2661,281 млн т отходов производства и потребления, из них 2593,780 млн т (97,46 %) приходится на отходы, образованные при добыче угля и горючих сланцев [1].

Добыча 1 т угля сопровождается выдачей на поверхность 0,1–0,35 т шахтной породы и от 1,5 до 10 т вскрышной породы [2]. В настоящее время в отвалах горно-добывающих предприятий, расположенных на территории России, накопилось не менее

12 млрд т вскрышных и вмещающих пород [2], которые содержат в своем составе широкий перечень минералов различного состава. Современные технологии позволяют использовать лишь небольшую часть извлекаемой массы горных пород, а все остальное накапливается в виде отходов. Поэтому актуальной является задача изучения состава углеотходов для оценки их токсичности и определения перечня приоритетных элементов, подлежащих экологическому мониторингу на территориях складирования.

При оценке токсичности вскрышных и вмещающих пород наибольшее внимание уделяется изучению данно-

го вида отходов при добыче руд черных, цветных и благородных металлов [3, 4], сырья для химической промышленности [5]. Процессы выщелачивания данных пород приводят к существенному снижению рН дренажных вод и увеличению в них концентрации токсичных элементов. Изучение вскрышных и вмещающих пород при угледобыче связано с оценками их применимости для целей рекультивации нарушенных земель [6, 7], исследованиями уровней загрязнения токсичными элементами поверхностных и подземных вод [8, 9], почв [10, 11], растительности [12–15].

Токсичные элементы являются приоритетными загрязнителями, наблюдение за которыми обязательно во всех средах. К ним относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 50 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др. По классификации Н. Реймерса [16], тяжелыми металлами следует считать металлы с плотностью более 8 г/см³: Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Co, Sb, Sn, Bi, Hg. В прикладных работах к их числу чаще всего добавляют Pt, Ag, W, Fe, Au, Mn. В России в настоящее время принята следующая классификация элементов по степени токсичности для почв [17, 18]: 1 класс – вещества высоко опасные (Hg, As, Se, Cd, Pb, Zn); 2 класс – вещества умеренно опасные (Cr, Co, Mo, Ni, Cu, Sb); 3 класс – вещества мало опасные (Ba, V, W, Mn, Sr).

Полный комплекс исследований по оценке токсичности вскрышных и вмещающих пород включает также определение основного компонентного состава, расчет класса опасности отходов, определение их биотоксичности.

Цель данной работы состояла в определении содержания токсичных элементов в валовых, подвижных и водорастворимых формах во вскрышных и вмещающих породах шахт и раз-

резов Кемеровской области и оценке степени их воздействия на окружающую среду.

Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись вскрышные (60 проб) и вмещающие породы (52 пробы), образованные при добыче угля на территории Кемеровской области. Отбор проб минеральных отходов производился в соответствии с нормативным документом [19], который устанавливает общие требования к отбору представительной пробы минеральных отходов.

Концентрации элементов в валовых, подвижных и водорастворимых формах определялись следующими методами анализа: атомно-эмиссионным с индуктивно-связанной плазмой (Liberty Series II, («Varian» США), iCAP 6300 Duo («Thermo Scientific» Англия)); атомно-абсорбционным с электротермической атомизацией (SpectrAA-640z, («Varian», США)); атомно-абсорбционным «холодного пара» (Hg) (Mercury analyser M-6000A, (SETAC technologies inc., США)) по аттестованным методикам [20–24]. Пробоподготовка для определения валового содержания элементов в пробах отходов осуществлялась в герметичных пластиковых емкостях с разложением в смеси азотной и соляной кислот с использованием нагревательной платформы HotBlock («Environmental Express», Англия). Определение подвижных форм металлов проводилось после выдерживания исследуемой пробы в течение 24 часов в ацетатно-аммонийном буферном растворе с рН 4,80 при комнатной температуре. Перед определением элементов в воде проба подвергалась фильтрации, консервированию азотной кислотой и концентрированию упариванием.

Все аналитические исследования были выполнены в ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр», который

аккредитован в системе Росаккредитации РФ (№ РОСС RU. 0001 21АЯ07).

Результаты и обсуждение

Диапазоны содержания валовых форм токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах приведены в табл. 1.

Из результатов исследований следует, что концентрации валовых форм нормируемых токсичных элементов (ванадия, меди, свинца, никеля, кадмия, цинка, марганца) не превышают ПДК и ОДК для почв, относящихся к кислым суглинистым и глинистым и близким к нейтральным и нейтральным.

Сравнение произведено именно с этими величинами ОДК, поскольку в структуре почвенного покрова Кемеровской области преобладают подзолистые, дерново-подзолистые, серые лесные почвы, черноземы и др. с кислой реакцией среды и почвы близкие

к нейтральной и с нейтральной средой [29]. Группа песчаных и супесчаных почв, обладающих наименьшей устойчивостью к загрязнению химическими веществами, для Кемеровской области не характерна.

Часть вмещающих пород содержит в количествах, превышающих ПДК для валовых форм, ртуть (3,4 ПДК), сурьму (1,4 ПДК), мышьяк (1,2–1,8 ПДК). Данные элементы являются углефильными [2] и содержатся в большей степени в органической части вскрышных и вмещающих пород, доля углерода в которых доходит до 30 % и более.

Значение предельно допустимой концентрации содержания валового хрома в почвах в России не установлено. Однако в ряде зарубежных стран содержание хрома в почвах нормируется и составляет в Дании – 50 мг/кг, Швейцарии – 75 мг/кг, Германии,

Таблица 1

Диапазоны содержания валовых форм токсичных элементов (мг/кг) во вскрышных и вмещающих породах угольных предприятий Кузбасса

Наименование показателя	Виды отходов		ПДК для почвы с учетом фона [25, 26], ОДК* [27], мг/кг
	Вскрышные породы (n = 60)	Вмещающие породы (n = 52)	
Ванадий	33,6–145,6	30,0–145,6	150,0
Медь	14,2–52,0	9,8–38,4	33/66/132*
Хром	21,6–171,2	20,0–123,3	–
Свинец	10,0–51,7	2,0–22,6	32/65/130*
Никель	16,0–56,4	19,4–56,0	20/40/80*
Кадмий	0,4–0,8	0,4–2,0	0,5/1,0/2,0*
Цинк	46,0–137,6	8,4–68,2	55/110/220*
Ртуть	<0,01–1,5	<0,01–7,1	2,1
Сурьма	<1,0–5,0	<1,0–6,5	4,5
Кобальт	7,9–15,2	5,2–7,2	–
Марганец	304,0–1334,0	78,6–994,4	1500,0
Молибден	4,0–6,0	4,0–10,0	–
Мышьяк	3,6–12,1	4,8–18,2	2/5/10*

* Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ для различных групп почв: песчаных и супесчаных, кислых суглинистых и глинистых (рН КСl<5,5) и близких к нейтральным и нейтральным (рН КСl>5,5).

Нидерландах, Польше – 100 мг/кг, в США – 240 мг/кг, при этом кларк хрома в почвах мира по Боуену (1979) составляет 70 мг/кг [30]. Таким образом, недостатки отечественной системы нормирования не позволяют однозначно оценить степень загрязнения хромом вскрышных и вмещающих пород угледобычи. Однако, если использовать рекомендованную автором [30] величину валовой ПДК для хрома в почвах на уровне 90 мг/кг, то максимальное превышение данного элемента в породах угледобычи составит 1,4–1,9 раза. Таким образом, данный элемент должен быть включен в программы мониторинга объектов окружающей среды на территориях складирования вскрышных и вмещающих пород угледобычи. Определение валового содержания кобальта и молибдена, ПДК валовых форм которых также не установлено, было выполнено для оценки степени их перехода в подвижные и водорастворимые формы.

Валовое содержание является фактором емкости, отражающим в первую очередь потенциальную опасность загрязнения, но не отражает степени доступности тяжелых металлов для растений и степени миграции их в водную среду.

Диапазоны содержания подвижных форм токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах приведены в табл. 2.

Максимальное превышение ПДК [27] подвижных форм элементов во вскрышных породах наблюдается для Cu (5,7 ПДК), Ni (3,4 ПДК), Zn (3,6 ПДК) и Pb (8,5 ПДК). Максимальные концентрации подвижных форм тяжелых металлов во вмещающих породах превышают ПДК для Cu (7,9 ПДК), Ni (5,3 ПДК), Zn (2 ПДК) и Pb (3,8 ПДК) (рис. 1). Концентрации подвижных форм кобальта и хрома во вскрышных и вмещающих породах не превышают ПДК, величина подвижной формы молибдена в почвах не нормируется.

Концентрации подвижных форм марганца во вскрышных и вмещающих породах находятся в широких диапазонах – от 26,0 до 539,0 мг/кг. Нормирование содержания подвижных форм марганца зависит от типа почв и pH водной вытяжки и варьируется в диапазоне от 60 до 140 мг/кг. Многократное превышение ПДК для подвижных форм марганца в отходах угледобычи предполагает безусловное включение данного элемента в программу по оценке токсичности данного вида отходов. Так авторами

Таблица 2

Диапазоны содержания подвижных форм токсичных элементов (мг/кг) во вскрышных и вмещающих породах угольных предприятий Кузбасса

Наименование показателя	Виды отходов		ПДК для почвы с учетом фона [25, 26], мг/кг
	Вскрышные породы (n = 60)	Вмещающие породы (n = 52)	
Медь	3,0–17,2	3,0–23,8	3,0
Никель	5,0–13,6	7,3–21,0	4,0
Цинк	19,0–82,4	6,1–49,9	23,0
Свинец	10,0–51,7	2,0–22,6	6,0
Марганец	31,0–539,0	26,0–510,8	60–140
Хром	<2,0–4,5	<2,0–5,4	6,0
Молибден	0,2–1,2	<0,05–1,8	–
Кобальт	0,08–0,1	0,08–0,12	5,0

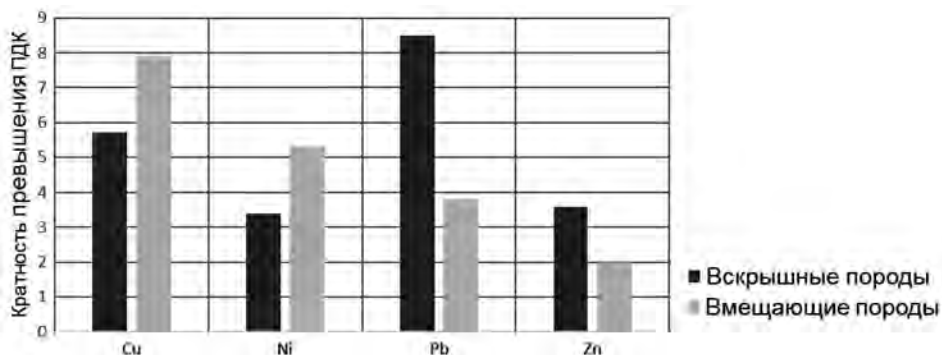


Рис. 1. Максимальное превышение ПДК подвижных форм токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах

[9] было установлено загрязнение подземных вод марганцем и железом на территориях складирования вскрышных пород угледобычи, а в работе [13] отмечено накопление данного элемента растительностью, произрастающей на почвах, образованных пустой шахтной породой. Авторами [14, 15] при изучении отвалов вскрышных пород на угольных предприятиях Индии установлены высокие коэффициенты биоаккумуляции железа, цинка,

хрома в различных видах растений, используемых при рекультивации горных отвалов.

Диапазоны содержания водорастворимых форм токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах приведены в табл. 3.

Так как водная вытяжка выполнена из соотношения твердое вещество: жидкость (1:1), численно содержание водорастворимых форм элементов в мг/кг равно величине в мг/дм³.

Таблица 3

Диапазоны содержания водорастворимых форм токсичных элементов (мг/кг) во вскрышных и вмещающих породах угольных предприятий Кузбасса

Наименование показателя	Виды отходов		ПДК [28], мг/дм ³
	Вскрышные породы (n = 60)	Вмещающие породы (n = 52)	
Ванадий	<0,0005–0,085	<0,0005–0,02	0,001
Кадмий	<0,0005–0,0026	<0,0005	0,01
Кобальт	<0,0002–0,0015	<0,0002–0,010	0,01
Сурьма	<0,0005–0,015	<0,0005–0,015	0,05
Медь	<0,001–0,08	<0,001–0,20	0,001
Молибден	<0,001–0,15	<0,001–0,39	0,001
Никель	<0,0002–0,028	<0,0002–0,03	0,01
Мышьяк	<0,005–0,13	<0,005–0,01	0,05
Свинец	<0,0002–0,02	<0,0002–0,0009	0,006
Ртуть	<0,00001	<0,00001–0,0002	0,00001
Марганец	<0,005–0,20	<0,005–0,23	0,01
Хром	<0,005–0,10	<0,005–0,055	0,02
Цинк	<0,005–0,51	<0,005–0,23	0,01

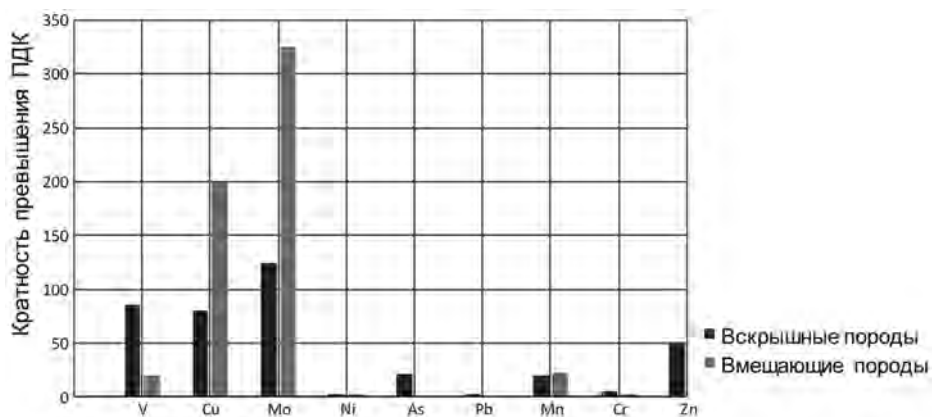


Рис. 2. Максимальное превышение ПДК водорастворимых форм токсичных элементов во вскрышных и вмещающих породах

Максимальные концентрации водорастворимых форм токсичных элементов во вскрышных породах превышают ПДК для воды рыбохозяйственных водоемов [28] для V – до 85 ПДК, Cu – до 80 ПДК, Mo – до 125 ПДК, As – до 21 ПДК, Ni – до 3 ПДК и Zn – до 50 ПДК, Pb – до 3 ПДК, Mn – до 20 ПДК, Cr – до 5 ПДК. Аналогичное распределение наблюдается по этим же элементам и для вмещающих пород по V (20 ПДК), Cu (200 ПДК), Mo (325 ПДК), Ni (3 ПДК) и Zn (20 ПДК), Mn – (23 ПДК), Cr – (3 ПДК) (рис. 2).

Кадмий, кобальт, сурьма в водорастворимых формах во вскрышных породах не проявляются. Водорастворимая форма ртути во вскрышных породах не обнаруживается, а во вмещающих – ее максимальная концентрация достигает 20 ПДК.

Таким образом, по величине кратности превышения показателей для водорастворимых форм токсичных элементов может быть предложен следующий ряд: Mo > Cu > V > Zn > Mn > As > Cr > Ni > Pb.

Выводы

1. Вскрышные и вмещающие породы угольных месторождений Кемеровской области содержат валовые формы токсичных элементов (V, Cu, Pb,

Ni, Cd, Zn, Mn) в количествах, не превышающих нормируемые показатели для основных типов почв, характерных для региона. Для вмещающих пород характерно максимальное валовое содержание ртути (7,1 мг/кг), сурьмы (6,5 мг/кг), мышьяка (18,2 мг/кг), которые являются углефильными элементами и содержатся в большей степени в их органической части. Концентрация валовой формы хрома в отходах угледобычи находится в диапазоне от 20,0 до 171,2 мг/кг, однако содержание данной формы элемента в почвах в РФ не нормируется.

2. Максимальное содержание подвижных форм элементов наблюдается для меди (23,8 мг/кг), никеля (21,0 мг/кг), цинка (82,4 мг/кг) и свинца (51,7 мг/кг). Концентрация подвижных форм марганца во вскрышных и вмещающих породах варьируется в широких диапазонах – от 26,0 до 539,0 мг/кг. Концентрации подвижных форм кобальта и хрома во вскрышных и вмещающих породах не превышают ПДК.

3. В водных вытяжках вскрышных и вмещающих пород обнаружены следующие элементы: Mo, Cu, V, Zn, Mn, As, Cr, Ni, Pb. Кадмий, кобальт, сурьма в водорастворимых формах данных отходов не проявляются. Вскрышные

и вмещающие породы содержат хром в валовой форме, в подвижную форму он переходит незначительно, а в водной вытяжке содержание хрома превышает ПДК в 3–5 раз.

Результаты исследований позволяют сделать вывод о том, что загряз-

нение водных объектов Кемеровской области такими тяжелыми металлами, как V, Cu, Mo, Ni, As, Mn, Cr, Zn происходит в том числе за счет вымывания при фильтрации природных водных потоков через массы вскрышных и вмещающих пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доклад «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области в 2013 году» – Кемерово, 2014. – 584 с. URL: <http://www.kuzbassco.ru> (дата обращения 15.08.2014).
2. Шпирт М.Я., Артемьев В.Б., Силютин С.А. Использование твердых отходов добычи и переработки углей. Т. 5. Переработка и обогащение минерального сырья. Кн. 3. – М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. – 432 с.
3. Макаров А.Б., Талалай А.Г. Техногенно-минеральные месторождения и их экологическая роль // Литосфера, 2012. – № 1. – С. 172–176.
4. Гула К.Е., Морина О.М., Крупская Л.Т., Морин В.А. Оценка экологического состояния некоторых объектов окружающей среды в зоне влияния хвостохранилища // Системы. Методы. Технологии. – 2012. – № 3 (15). – С. 128–133.
5. Бачурин Б.А. Технологическая экогеохимия горного производства // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 8. – С. 148–153.
6. Середина В.П., Андроханов В.А., Алексеева Т.П., Сысоева Л.Н., Бурмистрова Т.И., Трунова Н.М. Экологические аспекты биологической рекультивации почв техногенных экосистем Кузбасса // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2008. – № 2. – С. 61–71.
7. Sheoran V., Sheoran A.S., Poonia P. Soil Reclamation of Abandoned Mine Land by Revegetation: A Review // International Journal of Soil, Sediment and Water. – 2010. – Vol. 3. – No. 2, Article 13.
8. Arvind K.R., Biswajit P., Gurdeep S. Studies On Leachate Samples Of Overburden Materials From Some Selected Mines In Jharia Coalfield, Dhanbad, Jharkhand, India // Report and Opinion. – 2010. – No. 2(7). – P. 59–64.
9. Avantika C., Jain M.K. Evaluation of Heavy Metals Contamination due to Overburden Leachate in Groundwater of Coal Mining Area // Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences. – 2013. – V. 3. – No. 3. – P. 2317–2322.
10. Воронкова А.С. Содержание Zn, Cd, Pb в почвах, нарушенных деятельностью угледобывающих предприятий // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 12. – С. 239–247.
11. Федотова А.С. Содержание тяжелых металлов в отвалах, образованных вскрышными породами на угольных разрезах // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – № 1. – С. 201–205.
12. Trajković I., Ličina V., Antić-Mladenović S., Wenzel W. Hazardous elements speciation in sandy, alkaline coal mine overburden by using different sequential extraction procedures // Chemical Speciation and Bioavailability. – 2014. – V. 26. – No. 2. – P. 85–91.
13. Bijoy K.R., Rajendra P. and Gunjan Heavy metal accumulation and changes in metabolic parameters in *Cajanus cajan* grown in mine spoil // Journal of Environmental Biology. – 2010. – No. 31(5). – P. 567–573.
14. Maiti S.K. Bioreclamation of coalmine overburden dumps with special emphasis on micronutrients and heavy metals accumulation in tree species // Environ Monit Assess. – 2007. – V. 125(1). – P. 111–122.
15. Deo B. Heavy metal accumulation by plant species from a coal mining area in Orissa // Environ Biol. – 2004. – V. 25(2). – P. 163–166.
16. Реймерс Н.Ф. Экология. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
17. State Standart 17.4.1.02–83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения.
18. СанПиН 2.1.7.1287–03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 16 апреля 2003 г.).
19. ПНД Ф 12.4.2.1–99. Отходы минерального происхождения. Рекомендации по отбору и подготовке проб. Общие положения. – М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1999. – 16 с.
20. ПНД Ф 16.1.2.3.3.11–98. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. – М.: Государственный комитет РФ по охране окружающей среды, 1998. – 30 с.
21. ПНД Ф 16.1.2.3.3.50–08. Методика выполнения измерений массовых долей подвижных форм металлов (цинка, меди, никеля, марганца, свинца, кадмия, хрома, же-

леза, алюминия, титана, кобальта, мышьяка, ванадия) в почвах, отходах, компостах, кеках осадков сточных вод атомно-эмиссионным методом с атомизацией в индуктивно-связанной аргоновой плазме. – М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2008. – 15 с.

22. ПНД Ф 14.1:2.:4.135–98. Методика выполнения измерения массовых концентраций металлов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой в питьевой, природной, сточной водах и атмосферных осадках. – М.: Государственный Комитет РФ по охране окружающей среды, 1998. – 20 с.

23. ПНД Ф 14.1:2.:4.136–98. Методика выполнения измерения массовой концентрации ртути методом беспламенной абсорбционной спектроскопии (метод «холодного пара») в питьевой, природной, сточной водах и атмосферных осадках. – М.: Государственный Комитет РФ по охране окружающей среды, 1998. – 20 с.

24. ПНД Ф 14.1:2.:4.140–98. Методика выполнения измерения массовых концентраций металлов в питьевых, природных и сточных водах методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС). – М.: Государственный Комитет РФ по охране окружающей среды, 1998. – 20 с.

25. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. СанПиН 42–128-4433–87. – М.: Министерство здравоохранения СССР, 1998. – 19 с.

26. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2511–09. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 11 с.

27. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве: Гигиенические нормативы ГН 2.1.7.2041–06. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. – 15 с.

28. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. Утв. Приказом Федерального агентства по рыболовству № 20 от 18.01.2010 г. – 214 с.

29. Хмелев В.А., Танасиенко А.А. Почвенные ресурсы Кемеровской области и основы рационального их использования. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2013. – 477 с.

30. Водяницкий Ю.Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева Россельхозакадемии, 2009. – 95 с. **ПИАБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Журавлева Наталья Викторовна*¹ – кандидат химических наук, доцент, руководитель отдела экологии, хроматографии и нефтепродуктов, e-mail: zhuravleva_nv@zsic.ru,

*Иваныкина Оксана Владимировна*¹ – руководитель отдела по работе с клиентами, e-mail: main@zsic.ru,

Исмагилов Зинфер Ришатович – доктор химических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор Института углекислотной и химического материаловедения СО РАН, e-mail: IsmagilovZR@iccms.sbras.ru.

*Потокина Роза Равильевна*¹ – ведущий специалист отдела экологии, хроматографии и нефтепродуктов, e-mail: potokina_rr@zsic.ru,

¹ ОАО «Западно-Сибирский испытательный центр».

UDC 546.3:[658.567.1:622.33]

THE CONTENT OF TOXIC ELEMENTS IN OVERBURDEN AND ENCLOSING ROCKS OF COAL DEPOSITS OF THE KEMEROVO REGION

*Zhuravleva N.V.*¹, Candidate of Chemical Sciences, Assistant Professor, Head of Department of Ecology, Chromatography and Oil Products, e-mail: zhuravleva_nv@zsic.ru,

*Ivanykina O.V.*¹, Director of Department on Work with Clients, e-mail: main@zsic.ru, *Ismagilov Z.R.*, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Director of Institute of Coal Chemistry and Materials Science, Siberian Branch of the Russian Academy of Science, 650000, Kemerovo, Russia, e-mail: IsmagilovZR@iccms.sbras.ru,

*Potokina R.R.*¹, Leading Specialist of Department of Ecology, Chromatography and Oil Products, e-mail: potokina_rr@zsic.ru,

¹ JSC West-Siberian Test Center, 654006, Novokuznetsk, Russia.

The results of the definition of total, mobile, and water-soluble forms of toxic elements in overburden and enclosing rocks of coal deposits of the Kemerovo region are presented. Systematization of data carried out on 112 samples of industrial waste of overburden and enclosing rocks. The concentrations of elements in the samples were determined by atomic emission and atomic absorption spectroscopy after appropriate sample preparation. From the results of studies follows that the concentrations of total forms of toxic elements (vanadium, copper, lead, nickel, cadmium, zinc, manganese) do not exceed the standardized indicators for the main types of soils typical of the Kemerovo region. Maximum total content of mercury (7.1 mg/kg), antimony (6.5 mg/kg), arsenic (18.2 mg/kg) was found for enclosing rocks. These elements are contained to a greater degree in the organic part of enclosing rocks. The concentration of total form of chromium in the waste coal is in the range from 20.0 to 171.2 mg/kg, but the content of this form element in soils in Russia is not standardized. The maximum content of the mobile element forms observed for copper (23.8 mg/kg), nickel (21.0 mg/kg), zinc (82.4 mg/kg) and lead (51.7 mg/kg). The concentration of mobile forms of manganese in the overburden and enclosing rocks vary widely – from 26.0 to 539.0 mg/kg. On the magnitude of the ratio of excess of parameters for water-soluble forms of toxic elements can be offered the following sequence: Mo > Cu > V > Zn > Mn > As > Cr > Ni > Pb.

Key words: toxic elements, total, mobile, water-soluble forms of toxic elements, over-burden and enclosing rocks, coal deposits.

REFERENCES

1. Doklad «O sostoyanii i okhrane okruzhayushchei sredy Kemerovskoi oblasti v 2013 godu» (The report «On the state and Environmental Protection of the Kemerovo region in 2013») Kemerovo, 2014, 584 p. available at: <http://www.kuzbasseco.ru> (accessed 15.08.2014).
2. Shpirt M.Ya., Artem'ev V.B., Silyutin S.A. *Ispol'zovanie tverdykh otkhodov dobychi i pererabotki uglei. T. 5. Pererabotka i obogashchenie mineral'nogo syr'ya. Kn. 3* (The use of solid waste from mining and processing of coal. Vol. 5. Recycling and refining of mineral raw materials. Book 3), Moscow, Izdatel'stvo «Gornoe delo» OOO «Kimmeriiskii tsentr», 2013, 432 p.
3. Makarov A.B., Talalai A.G. *Litosfera*, 2012, no 1, pp. 172–176.
4. Gula K.E., Morina O.M., Krupskaya L.T., Morin V.A. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2012, no 3 (15), pp. 128–133.
5. Bachurin B.A. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2006, no 8, pp. 148–153.
6. Seredina V.P., Androkhano V.A., Alekseeva T.P., Sysoeva L.N., Burmistrova T.I., Trunova N.M. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*. 2008, no 2, pp. 61–71.
7. Sheoran V., Sheoran A.S., Poonia P. Soil Reclamation of Abandoned Mine Land by Revegetation: A Review. *International Journal of Soil, Sediment and Water*. 2010. Vol. 3. No. 2, Article 13.
8. Arvind K.R., Biswajit P., Gurdeep S. Studies On Leachate Samples Of Overburden Materials From Some Selected Mines In Jharia Coalfield, Dhanbad, Jharkhand, India. *Report and Opinion*. 2010. No. 2(7). P. 59–64.
9. Avantika C., Jain M.K. Evaluation of Heavy Metals Contamination due to Overburden Leachate in Groundwater of Coal Mining Area. *Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences*. 2013. V. 3. No. 3. P. 2317–2322.
10. Voronkova A.S. Soderzhanie Zn, Cd, Pb v pochvakh, narushennykh deyatelnost'yu ugledobyvayushchikh predpriyatii. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2006, no 12, pp. 239–247.
11. Fedotova A.S. *Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten'*. 2006, no 1, pp. 201–205.
12. Trajković I., Ličina V., Antić-Mladenović S., Wenzel W. Hazardous elements speciation in sandy, alkaline coal mine overburden by using different sequential extraction procedures. *Chemical Speciation and Bioavailability*. 2014. V. 26. No. 2. P. 85–91.
13. Bijoy K.R., Rajendra P. and Gunjan Heavy metal accumulation and changes in metabolic parameters in Cajanas cajan grown in mine spoil. *Journal of Environmental Biology*. 2010. No. 31(5). P. 567–573.
14. Maiti S.K. Bioreclamation of coalmine overburden dumps with special emphasis on micronutrients and heavy metals accumulation in tree species. *Environ Monit Assess*. 2007. V. 125(1). P. 111–122.
15. Deo B. Heavy metal accumulation by plant species from a coal mining area in Orissa. *Environ Biol*. 2004. V. 25(2). P. 163–166.
16. Reimers N.F. *Ekologiya* (Ecology), Moscow, Rossiya molodaya, 1994, 367 p.
17. *Okhrana prirody. Pochvy. Klassifikatsiya khimicheskikh veshchestv dlya kontrolya zagryazneniya. GOST 17.4.1.02–83* (The Nature Conservancy. Soil. Classification of the chemical substances for the pollution control. State Standart 17.4.1.02–83).
18. *SanPiN 2.1.7.1287–03. Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k kachestvu pochvy* (utv. Glavnym gosudarstvennym sanitarnym vrachom RF 16 aprelya 2003 g. (Sanitary requirements for the quality of

the soil. Sanitary rules and regulations 2.1.7.1287–03 (app. Chief Medical Officer of the Russian Federation 16 April 2003).

19. *Otkhody mineral'nogo proiskhozhdeniya. Rekomendatsii po otboru i podgotovke prob. Obshchie polozheniya*. PND F 12.4.2.1–99 (Waste of mineral origin. Recommendations for sampling and sample preparation. General provisions. Federal Environmental Normative Documents 12.4.2.1–99), Moscow, Gosudarstvennyi komitet RF po okhrane okruzhayushchei sredy, 1999, 16 p.

20. *Metodika vypolneniya izmerenii soderzhaniya metallov v tverdykh ob'ektakh metodom spektrometrii s induktivno-svyazannoi plazmoi*. PND F 16.1.2.3.3.11–98 (Methods of measurement of metals in solid objects by spectrometry with inductively coupled plasma. Federal Environmental Normative Documents 16.1.2.3.3.11–98), Moscow, Gosudarstvennyi komitet RF po okhrane okruzhayushchei sredy, 1998, 30 p.

21. *Metodika vypolneniya izmerenii massovykh dolei podvizhnykh form metallov (tsinka, medi, nikelya, margantsa, svintsa, kadmiya, khroma, zheleza, alyuminiya, titana, kobal'ta, mysh'yaka, vanadiya) v pochvakh, otkhodakh, kompostakh, kekakh osadkakh stochnykh vod atomno-emiSSIONnym metodom s atomizatsiei v induktivno-svyazannoi argonovoi plazme*. PND F 16.1.2.3.3.50–08 (Methods of measurement of mass fractions of mobile forms of metals (zinc, copper, nickel, manganese, lead, cadmium, chromium, iron, aluminum, titanium, cobalt, arsenic, vanadium) in soils, waste, compost, sewage sludge, cake by atomic-emission method with atomization in inductive coupled argon plasma. Federal Environmental Normative Documents 16.1.2.3.3.50–08), Moscow, Federal'naya sluzhba po ekologicheskomu, tekhnologicheskomu i atomnomu nadzoru, 2008, 15 p.

22. *Metodika vypolneniya izmereniya massovykh kontsentratsii metallov metodom atomno-emiSSIONnoi spektrometrii s induktivno-svyazannoi plazmoi v pit'evoi, prirodnoi, stochnoi vodakh i atmosferykh osadkakh*. PND F 14.1.2.:4.135–98 (Methods of measuring the mass concentrations of metals by atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma in potable, natural and waste waters and precipitation. Federal Environmental Normative Documents 14.1.2.:4.135–98), Moscow, Gosudarstvennyi komitet RF po okhrane okruzhayushchei sredy, 1998, 20 p.

23. *Metodika vypolneniya izmereniya massovoi kontsentratsii rtuti metodom besplamennoi absorbtionnoi spektrometrii (metod «kholodnogo para») v pit'evoi, prirodnoi, stochnoi vodakh i atmosferykh osadkakh*. PND F 14.1.2.:4.136–98 (Methods of measuring the mass concentration-mercury by flameless absorption spectrometry (method of «cold steam») in drinking, natural and waste waters and precipitation. Federal Environmental Normative Documents 14.1.2.:4.136–98), Moscow, Gosudarstvennyi komitet RF po okhrane okruzhayushchei sredy, 1998, 20 p.

24. *Metodika vypolneniya izmereniya massovykh kontsentratsii metallov v pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vodakh metodom atomno-absorbtsionnoi spektrometrii (AAS)*. PND F 14.1.2.:4.140–98 (Methods of measuring the mass concentrations of metals in drinking, natural and waste waters by atomic absorption spectrometry (AAS). Federal Environmental Normative Documents 14.1.2.:4.140–98), Moscow, Gosudarstvennyi komitet RF po okhrane okruzhayushchei sredy, 1998, 20 p.

25. *Sanitarnye normy dopustimykh kontsentratsii khimicheskikh veshchestv v pochve*. SanPiN 42–128-4433–87 (Sanitary norms of allowable concentrations of chemicals in the soil. Sanitary rules and regulations 42–128-4433–87), Moscow, Ministerstvo zdravookhraneniya SSSR, 1998, 19 p.

26. *Orientirovochno dopustimye kontsentratsii (ODK) khimicheskikh veshchestv v pochve: Gigienicheskie normativy GN 2.1.7.2511–09* (The approximate permissible concentrations (APC) of chemical substances in the soil: Hygienic standards GN 2.1.7.2511–09), Moscow, Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2009, 11 p.

27. *Predel'no dopustimye kontsentratsii (PDK) khimicheskikh veshchestv v pochve: Gigienicheskie normativy GN 2.1.7.2041–06* (Maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in soil: Hygienic standards GN 2.1.7.2041–06), Moscow, Federal'nyi tsentr gigieny i epidemiologii Rospotrebnadzora, 2009, 15 p.

28. *Normativy kachestva vody vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya, v tom chisle normativy predel'no dopustimykh kontsentratsii vrednykh veshchestv v vodakh vodnykh ob'ektov rybokhozyaistvennogo znacheniya*. Utv. Prikazom Federal'nogo agentstva po rybolovstvu № 20 ot 18.01.2010 g (Water quality standards fishery water bodies, including the maximum permissible concentrations of harmful substances in the waters of fishery water bodies. Approved. Order of the Federal Agency for Fisheries № 20 from 18.01.2010), 214 p.

29. Khmelev V.A., Tanasienko A.A. *Pochvennye resursy Kemerovskoi oblasti i osnovy ratsional'nogo ikh ispol'zovaniya* (Soil resources of the Kemerovo region and the basis of their rational use), Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2013, 477 p.

30. Vodyanitskii Yu.N. *Tyazhelye i sverkhtyazhelye metally i metalloidy v zagryaznennykh pochvakh* (Heavy and extra heavy metals and non-metals in contaminated soils), Moscow, GNU Pochvennyi institut im. V.V. Dokuchaeva Rossel'khozakademii, 2009, 95 p.