УДК 624.131.4 + 502.175:622.271.45

DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_111\_0\_98

# ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ШЛАКОВОГО ОТВАЛА ЗА ПЕРИОД 2006—2020 гг.

В. А. Елохин

Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Россия

Аннотация: Пробные площадки на объекте исследования заложены с учетом степени загрязнения экологических систем. Отбор проб и анализ почв ведется с 2006 г. Согласно современным классификациям, почвы в зоне влияния шлакового отвала относятся к автоморфным. Почва агроценоза относится к агроземам темным остаточно-карбонатным или агрочерноземам. Преобразование строения почв обусловлено загрязнением пылью шлакового отвала, что выразилось в увеличении мощности органических горизонтов. Увеличение мощности органических горизонтов (опада и подстилки) является признаком преобразования морфологического строения почв под действием загрязнения пылью шлакового отвала (вблизи отвала мощность органических горизонтов увеличена в 3 раза по сравнению с фоновыми участками). Наиболее сильное загрязнение верхних горизонтов почв шлаковой пылью выражено на первой и второй пробных площадках, в меньшей степени запылена третья пробная площадка. На четвертой и пятой площадках следов пыли шлакового отвала не обнаружено. Суммарное загрязнение на всех пробных площадях за последние десять лет относится к допустимому уровню. Применение многофакторных методов математической статистики позволило выявить несколько групп (кластеров) взаимосвязанных параметров и выделить от одного до двух наиболее значимых факторов, влияющих на распределение показателей для различных пробных площадок. По результатам геохимических исследований сделан вывод, что за пределами санитарно-защитной зоны влияние шлакового отвала на почвенный покров района практически отсутствует.

**Ключевые слова:** шлаковый отвал, почвы, почвенные разрезы, загрязнение, мониторинг, кластерный анализ, факторный анализ.

**Для цитирования:** Елохин В. А. Геохимическая трансформация почв в зоне влияния шлакового отвала за период 2006—2020 гг. // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2021. — № 11-1. — С. 98-110. DOI: 10.25018/0236 1493 2021 111 0 98.

# Geochemical transformation of soil in the influence zone of ash dump in 2006–2020

V. A. Elokhin

Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia

**Abstract:** The test sites are laid at the test object with regard to the environment pollutant concentration. Soil sampling and analyses are implemented since 2006. The present-day classifications describe soil in the influence zone of an ash dump as automorphous, and agrocoenosis soil is either residual carbon-bearing soil or black soil. Soil transformation is

caused by pollution with dusty from the ash dump. Organic layers grew in thickness as a result. The increase in the thickness of the organic layers (dead soil cover and bedding material) is a sing of morphological transformation of soil under the impact of dust pollution (nearby the ash dump, organic layers have thickness 3 times as much as the background value). The strongest pollution of the upper soil layers is recorded in the first and second test sites, while dusting of the third test site is the least. The fourth and fifth test sites have no signs of dust from the ash dump. The total environmental pollution of the test sites in the last ten years is estimated as permissible. The use of the multi-factor methods of mathematical statistics revealed a few groups (clusters) of inter-related parameters and identified one to two most significant factors which have influence on distribution of indexes per test sites. From the geochemical research findings, the ash dump exerts zero adverse effect on local soil beyond the limits of the sanitary protection area.

Key words: ash dump, soil, soil cross-sections, pollution, monitoring, cluster analysis, factor analysis.

*For citation*: Elokhin V. A. Geochemical transformation of soil in the influence zone of ash dump in 2006–2020. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(11-1):98–110. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493 2021 111 0 98.

#### Введение

Рекультивация отработанных карьеров может осуществляться различными способами. Наиболее распространенной формой рекультивации старых карьеров является их заполнение отходами производства. В отработанном щебеночном карьере глубиной до 20 м с 1974 года складировались промышленные отходы IV класса опасности, которые образуются в процессе производства вторичных сплавов. Воздействие промышленных отходов на различные компоненты окружающей среды (атмосферу, почвы, растительность, поверхностные и подземные воды) происходит посредством пыления из-за ветра, выщелачивания и переотложения из-за атмосферных осадков.

При экологическом мониторинге территорий почвенный покров выступает в качестве наиболее информативного объекта изучения [1-2], поскольку почвы длительный период накапливают загрязняющие вещества. Специфика вещественного состава и физико-химических параметров почв в зависимости от объектов воздействия рассмотрены в работах [3-6].

Изменение структуры и состава почв может происходить под воздействием экзогенных и техногенных факторов [7-9].

Методы. При изучении почвенного покрова применялись следующие методы: маршрутные наблюдения, документация почвенных разрезов, отбор проб, лабораторный анализ, камеральная обработка полученных результатов. Все работы выполнялись в соответствии с рекомендациями, изложенными в нормативных и руководящих документах. Отбор проб почвы производился с глубины 20 см методом квадратного конверта со стороной 5 м. Центральная проба располагается в точке наблюдения, а остальные периферические четыре пробы - по углам «конверта». Сборная проба состоит из пяти проб. Вес каждой пробы составляет не менее 0,5 кг. Расположение точек мониторинга почв и растительности показано на рис. 1.

Пробы упаковывались в полиэтиленовые мешки, снабжались этикетками с номером пробы и информацией о месте и дате отбора и доставлялись в лабораторию. Методика пробоподго-



Рис. 1. Расположение точек мониторинга почв и растительности

Fig. 1. Location of soil and vegetation monitoring points

товки образцов почвы для химического анализа предусматривала сушку на воздухе, дробление до крупности < 1 мм, истирание в порошок, просеивание, растворение в кислотах.

Почвенные образцы после пробоподготовки в аккредитованных лабораториях исследовались на следующие показатели: медь, свинец, цинк, никель, мышьяк, кадмий, хлориды. Полученные результаты анализов обрабатывались с применением методов математической статистики (программа Statistica 6) [10-11].

# Результаты

Мониторинг загрязнения почвенного покрова состоит из следующих ключевых компонентов: регулярное наблюдение за фактическими уровнями загрязнителей, оценка степени загрязнения и составление прогноза на будущее.

Почвенные разрезы заложены в пределах постоянных пробных площадей (ППП). Названия почв приведены в соответствии с современными классификациями [12-13].

Почвенный разрез №1. Почва: дерново-карбонатная (темногумусовая метаморфизированная химически-преобразованная):

AO' - 0 - 1,6 см — Растительный опад: сухой, неразложенный (мертвый), запылен техногенной пылью.

AO'' - 1,6-8 см — Лесная подстилка: буроватая, коричневая, слаборазложенная, оторфованная, запыленная техногенной пылью, содержит включения неразложенной хвои. Переход заметный, постепенный.

А1 — 8—28 см — Темно-серый гумусовый горизонт: легкосуглинистый (пылевато-суглинистый), пылеватой структуры, содержит мелкие корни растений, влажный. Не вскипает при обработке 10% HCl, педогенных карбонатов не содержит. Переход резкий.

B — 28—37 см — Ярко-бурый, коричневый, серый тяжелосуглини-

стый, комковатый, плотнее предыдущего, содержит щебень плотной окристаллизованной карбонатной породы (известняка). Педогенных карбонатов не содержит.

С<sub>СаО</sub> — 37 — … — Почвообразующая порода — щебень известняка с охристым налетом.

Почвенный разрез №2. Почва светло-серая лесная (темногумусовая глинисто-иллювиированная химически-преобразованная):

- AO′ 0—2,6 см Растительный хвойно-лиственный опад: сухой, неразложенный (мертвый), запылен техногенной пылью.
- AO'' 2,6-9,1 см Лесная подстилка: коричневая, бурая, слаборазложенная, запыленная техногенной пылью, содержит включения неразложенной хвои. Переход заметный.
- A1 9,1—18 см Темно-серый, серый гумусовый горизонт: среднесу-глинистый, пылеватый, запыленный, содержит мелкие корни растений. Не вскипает при обработке HCl, педогенных карбонатов не содержит. Переход заметный.
- А1В 18—26 см Сероватобурый осветленный горизонт, мелкоореховатой структуры, тяжелосуглинистого состава.
- В 26—45 см Бурый, ореховатый, глинистый, плотный, содержит щебень плотной окристаллизованной карбонатной породы (известняка). Переход постепенный.
- BC 45.0-... Бурая, мелкоореховатая очень плотная глина с щебнем известняка.

Почвенный разрез № 3. Почва: дерново-подзолистая (дерново-подзолистая типичная с признаками химического загрязнения и преобразования).

AO′ — 0 — 2,5 см — Растительный хвойно-лиственный опад: сухой, слаборазложенный, слабозапыленный.

- АО́ 2,5—6 см Лесная подстилка: темнокоричневая, влажная, слаборазложенная, содержит включения неразложенной хвои, слабо запылена. Переход заметный.
- A1 6—11 см Серый с белесоватым оттенком гумусовый горизонт: среднесуглинистый, пылевато-порошистой структуры, содержит мелкие корни растений и много углистого вещества, влажный, рыхлый. Переход постепенный.
- A2 11 15 см Белесый, порошистой структуры, пылеватый (легкий) суглинок.
- A2B 15—20 см Белесоватый элювиальный горизонт, комковатолистоватой (скорлуповатой) структуры, тяжелосуглинистого состава, переход постепенный.
- В 20—40 см Бурый иллювиальный горизонт, ореховато-комковатой структуры, тяжелосуглинистый, плотный. Переход постепенный.
- BC 40—80... Бурый, неясноореховатый тяжелый суглинок.

Почвенный разрез №4. Почва: чернозем оподзоленный (агрозем темный, агротемногумусовая почва).

- $A_{\text{пах}} 0 19$  см 0 19 см Темно-серый, мелкокомковатый, тяжелосуглинистый, содержание гумуса около 8 10%. С 15 см переуплотненная плужная подошва.
- A1 19—30 см Темно-серый, подпахотный гумусовый горизонт, влажный, глыбисто-комковатый. Переход заметный.
- В 30—40 см Бурый, ореховато-призматический, плотный, по граням структурных отдельностей темносерые гумусовые затеки.

Почвенный разрез № 5. Почва дерново-подзолистая типичная (серая типичная).

AO' - 0 - 1,5 см — Растительный хвойно-листовой опад, сухой.

AO´´ — 1,5—3,5 см — Лесная подстилка: коричневая, влажная, слаборазложенная, содержит включения неразложенной хвои. Переход заметный.

А1 — 3,5—12 см — Темно-серый гумусовый горизонт: тяжелосуглинистый, мелкокомковатой-комковатой хорошо выраженной структуры, содержит мелкие корни растений, сверху задернован, влажный, рыхлый. Переход постепенный.

А1А2 — 12—24 см — Буроватосерого цвета, светлее предыдущего, комковато-скорлуповатой структуры, тяжелосуглинистого состава, переход постепенный.

А2В — 24—40 см — Бурый с белесоватым оттенком иллювиальный горизонт, ореховато-комковатой структуры, тяжелосуглинистый, плотный. Переход постепенный.

BC — 40—80... — Бурая, неясноореховатая глина.

Строение верхних горизонтов почвы, реакция среды почвы, состав пыли на различных пробных площадях изложены в работе [14].

Полученные результаты концентраций химических элементов в почвах сравнивались с кларками концентраций [15-16], ориентировочно допустимыми концентрациями и фоновыми содержаниями.

Графики изменения содержаний меди, цинка, никеля, свинца, мышьяка и кадмия в почвах пробных площадок в пространстве (в зависимости от удаления от шлакового отвала) и во времени (за период 2006-2020 гг.) показаны на рис. 2-7.

С 2006 г. по 2020 г. содержания контролируемых элементов на фоновой площадке ППП-5 менялись. Максимальное загрязнение площадки отмечалось в 2009 году, но в целом тренды содержаний всех контролируемых параметров имеют выраженную тенденцию к увеличению (рис. 8).

По результатам корреляционного анализа установлено, что пробные почвенные площадки разделились на четыре группы по характеру и силе корреляционных зависимостей между исследованными параметрами.

Кластерный анализ позволил сгруппировать взаимосвязанные пары показателей в кластеры (рис. 9-10). На данных рисунках по оси абсцисс показаны исследованные параметры, а по оси ординат — значения (1-r), где r — коэффициент корреляции.

Отличительной особенностью ППП-5 является то, что наиболее сильной связью характеризуются свинец и цинк, которые связаны с медью, а все вместе

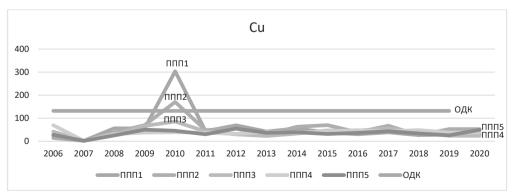


Рис. 2. График изменения содержания меди в почвах (мг/кг) пробных площадок за период 2006—2020 гг.

Fig. 2. Changes in copper content in soil (mg / kg) of test sites in 2006-2020

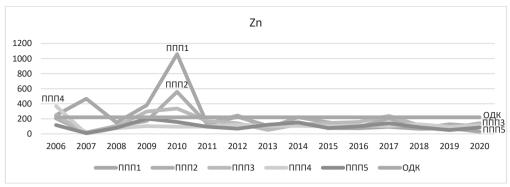


Рис. 3. График изменения содержания цинка в почвах (мг/кг) пробных площадок за период 2006—2020 гг.

Fig. 3. Changes in zinc content in soil (mg / kg) of test sites in 2006-2020

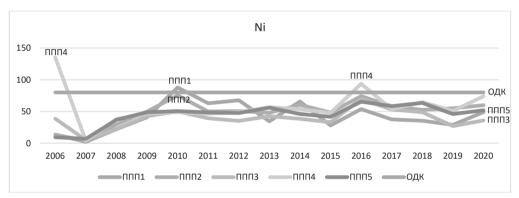


Рис. 4. График изменения содержания никеля в почвах (мг/кг) пробных площадок за период 2006—2020 гг.

Fig. 4. Changes in nickel content in soil (mg / kg) of test sites in 2006-2020

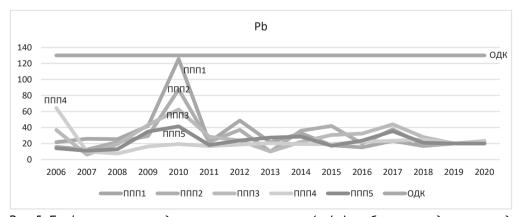


Рис. 5. График изменения содержания свинца в почвах (мг/кг) пробных площадок за период 2006—2020 гг.

Fig. 5. Changes in lead content in soil (mg / kg) of test sites in 2006-2020

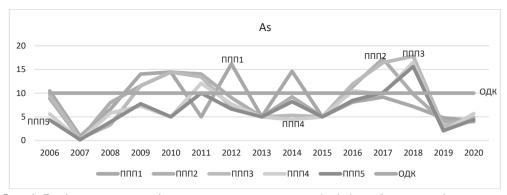


Рис. 6. График изменения содержания мышьяка в почвах (мг/кг) пробных площадок за период 2006-2020 гг.

Fig. 6. Changes in arsenic content in soil (mg / kg) of test sites in 2006-2020

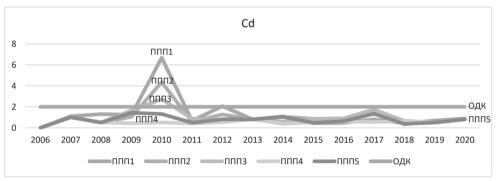


Рис. 7. График изменения содержания кадмия в почвах (мг/кг) пробных площадок за период 2006—2020 гг.

Fig. 7. Changes in cadmium content in soil (mg / kg) of test sites in 2006-2020

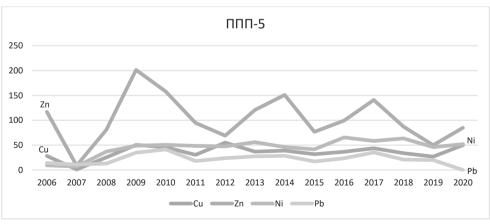


Рис. 8. График изменения содержаний меди, цинка, никеля и свинца (мг/кг) на площадке  $\Pi\Pi\Pi$ -5 в период 2006-2020 гг

Fig. 8. Changes in contents of copper, zinc, nickel and lead (mg / kg) at Test Site 5 site in 2006–2020

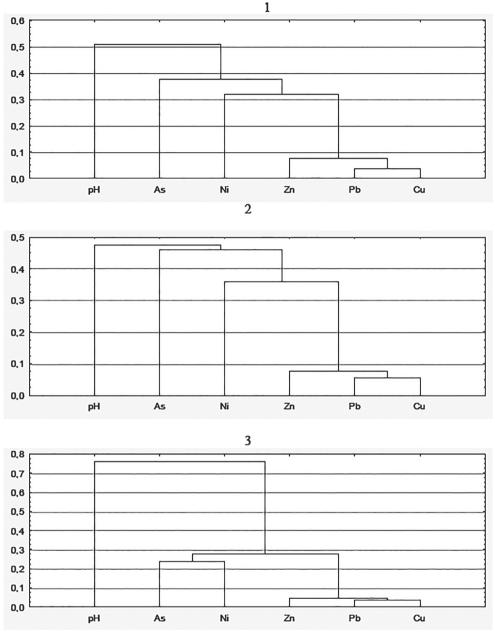
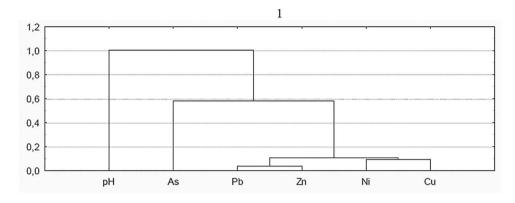


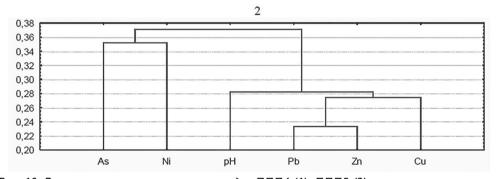
Рис. 9. Результаты кластерного анализа для ППП-1 (1), ППП-2 (2) и ППП-3 (3) Fig. 9. Cluster analysis data for test sites 1 (1), 2 (2) and 3 (3)

они связаны с водородным показателем. В целом кластерный анализ позволил установить несколько групп (кластеров) взаимосвязанных параметров, по кото-

рым ППП-4 и ППП-5 отличаются от площадок ППП-1, ППП-2 и ППП-3.

Факторный анализ позволил выделить от одного до двух наиболее зна-





Puc. 10. Результаты кластерного анализа для ППП4 (1), ППП5 (2) Fig. 10. Cluster analysis data for of paired correlation coefficients for test sites 4 (1) and 5 (2)

чимых факторов, влияющих на распределение показателей для различных пробных площадок (табл. 1).

Значительный вклад в фактор 1 с суммарной дисперсией 64,84% для ППП-1 вносят медь, цинк, свинец и никель, что, по-видимому, отражает влияние шлакового отвала. На характер распределения проанализированных показателей на площадках ППП-4 и ППП-5 оказывают влияние два фактора. Значительный вклад в фактор 1 для площадки ППП-4 с суммарной дисперсией 62,36% вносят медь, цинк, свинец, никель, но с обратным знаком. Наиболее значимый вклад (близкий к критическому значению) в фактор 2 для площадки ППП-4, с суммарной дисперсией 16,68% вносит мышьяк. Вероятнее всего в качестве данного фактора выступает исходный состав почв. Значительный вклад в фактор 1 для площадки ППП-3 с суммарной дисперсией 67,90% вносят все исследованные параметры за исключением водородного показателя. Для площадки ППП-5 выделяется два фактора с суммарной дисперсией 63,80% и 17,42% соответственно, но, в отличие от вышеописанных, эти факторы не связаны с влиянием шлакового отвала. Вероятно, в качестве данного фактора выступает удаленность от шлакового отвала.

Как показали исследования, на отдельных площадках фиксируются концентрации химических элементов, превышающие фоновые значения (табл. 2) по нескольким параметрам. Следовательно, необходимо рассчитать суммарное загрязнение ( $Z_c$ ) [17 — 18].

Как следует из табл. 2, суммарное загрязнение на всех пробных площа-

Таблица 1 Значения факторных нагрузок переменных на основные показатели для пробных почвенных площадок Values of factor loads of variables on the main indicators for test soil sites

	ППП1	ППП2	ПППЗ	ПП	Π4	ПП	ΙП5
	Фактор 1	Фактор 1	Фактор 1	Фактор 1	Фактор 2	Фактор 1	Фактор 2
Cu	0,9309	0,9488	0,95405	-0,9412	0,1749	-0,8839	-0,0048
Zn	0,8577	0,8973	0,92051	-0,9531	-0,2157	-0,8434	-0,3309
Ni	0,7462	0,6779	0,77731	-0,9662	-0,0443	-0,7671	0,4896
Pb	0,9695	0,9261	0,95327	-0,9279	-0,2858	-0,8805	-0,2540
As	0,6883	0,7310	0,85032	-0,3349	0,6639	-0,6107	0,6975
рН	0,5636	0,5115	0,28343	0,2004	-0,6321	-0,7739	-0,3806
Вклад в общую диспер- сию	3,8905	3,8188	4,07387	3,7414	1,0010	3,8282	1,0451
Суммар- ная дис- персия, %	64,84	63,65	67,90	62,36	16,68	63,80	17,42

*Примечание:* \* красным цветом выделена значимая факторная нагрузка при критическом значении 0,7 Таблица 2. Суммарное загрязнение пробных площадок

Таблица 2 Суммарное загрязнение пробных площадок Total pollution of test sites

Годы	Суммарное загрязнение (Z)						
	ППП1	ППП2	ПППЗ	ППП4			
2010	18,65	9,02	5,02	1			
2011	4,02	3,02	5,82	2,17			
2012	7,96	5,10	2,10	1,95			
2013	0	0	0	0			
2014	0	0	0	0			
2015	1,23	5,57	3,91	2,04			
2016	0	1,56	3,15	2,11			
2017	0	2,84	3,16	0			
2018	1,11	0	2,36	2,75			
2019	3,27	4,9	1,9	2,45			
2020	2,69	1,58	1,63	2,59			

дях за последние десять лет относится  $\kappa$  допустимому уровню (Z- менее 16) по шкале [17].

#### Заключение

Выполненные исследования в зоне влияния шлакового отвала позволяют сделать следующие основные выводы.

Исследованные почвы в соответствии с [13] относятся к вариантам автоморфных почв.

Исходя из того, что в почвах присутствуют обломки щебня известняка, учитывая высокую гумусированность почв, слабую дифференциацию профиля и оструктуренность агрегатов, отсутствие реакции с 10% HCl и педогенных карбонатов, исследованные почвы относятся к структурно-метаморфическим буроземам темным остаточно-карбонатным и оподзоленным.

Почва агроценоза относится к агроземам темным остаточно-карбонатным или агрочерноземам.

Наиболее сильное загрязнение верхних горизонтов почв шлаковой пылью выражено на ППП-1 и ППП-2, в меньшей степени запылена ППП-3. На площадках ППП-4 и ППП-5 следов пыли шлакового отвала не обнаружено.

Увеличение мощности органических горизонтов (опада и подстилки)

является признаком преобразования морфологического строения почв под действием загрязнения пылью шлакового отвала (вблизи отвала мощность органических горизонтов увеличена в 3 раза по сравнению с фоновыми участками). Поэтому при мониторинговых исследованиях целесообразно наблюдать за мощностью опада и подстилки.

Обработка и анализ результатов лабораторных исследований показали, что за пределами санитарно-защитной зоны влияние шлакового отвала на почвенный покров района практически отсутствует.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1. Самойленко Г. Ю. Мониторинг загрязненности тяжелыми металлами почвенного покрова и растений (на примере Potentilla tanacetifolia Willd. ex Schlecht.) природных экосистем в условиях урбанизированной территории г. Читы / Г. Ю. Самойленко, Е. А. Бондаревич, Н. Н. Коцюржинская, И. А. Борискин // Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 1 (22). С. 110-115.
- 2. *Касимов Н. С., Власов Д. В.* Тяжелые металлы и металлоиды в почвах российских городов (по данным ежегодных докладов росгидромета) // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 2018.  $\mathbb{N}^2$  3. С. 14–22.
- 3. Potential ecological risk and human health risk assessment of heavy metal pollution in industrial affected soils by coal mining and metallurgy in Ostrava, Czech Republic / H. Doležalová Weissmannová, S. Mihočová, P. Chovanec, J. Pavlovský // International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019. 16 (22), 4495. URL: https://doi.org/10.3390/ijerph16224495
- 4. Kamunda C., Mathuthu M., Madhuku M. Health risk assessment of heavy metals in soils from Witwatersrand gold mining basin, South Africa // International Journal of Environmental Research and Public Health. − 2016. − № 13:663. DOI: 10.3390/ijerph13070663
- 5. Spatial Distribution and Mobility Factor of Heavy Metals in Agricultural Soil in the Vicinity of Abandoned Lead Ore Dressing Plant, Klity Village, Thailand / P. Teerawit, P. Prasert, K. Vorapot and P. Bunyarit // EnvironmentAsia. 8(2). 2015. P. 94-108.
- 6. Елохина С. Н., Елохин В. А., Зубарев К. А., Ханин А. Б. Оценка влияния горнодобывающего производства на загрязнение почв. Известия ВУЗов. Горный журнал, 2014, № 1. С. 93-98.
- 7. Heavy metal contamination and ecological risk assessment in soils and sediments of an industrial area in Southwestern Nigeria / T. O. Kolawole, A. S. Olatunji, M. T. Jimoh, O. T. Fajemila // Journal of Health and Pollution. -2018. -V.8.  $-N^2$  19:180906. URL: https://doi.org/10.5696/2156 -9614 8.19.180906
- 8. Убугунов Л. Л. Техногенное загрязнение почв Бурятии тяжелыми металлами: источники, современное состояние проблемы, ремедиация / Л. Л. Убугунов, В. Л. Убугунов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013.  $N^2$  8. С. 19 21.

- 9. Pisetski, V. B., Abaturova, I. V., Storozhenko, L. A., Petrova, I. G. On the principal features of integration geotechnical, geomechanical and seismic data in the estimates of physical and mechanical condition of the soil. From Oil and Gas Basin Studies to Field Models, Conference Proceedings, Far East Hydrocarbons 2016, Oct 2016, Volume 2016, p.1 3
- 10. Вуколов Э. А. Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов STATISTICA и EXCEL. М.: Форум, 2008. 464 с.
- 11. *Халафян А. А.* Statistica 6. Статистический анализ данных. М.: Бином-Пресс, 2007. 512 с.
- 12. Апарин Б. Ф., Сухачева Е. Ю. Классификация городских почв в системе российской и международной классификаций почв // Бюллетень почвенного института им. В. В. Докучаева. Вып. 79, 2015. с. 53 72.
  - 13. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
- 14. *Елохина О. В.*, *Елохин В. А.* Оценка влияния свалки твердых промышленных отходов, размещенной в отработанном карьере на состояние почвенного покрова. Известия ВУЗов. Горный журнал, 2014,  $\mathbb{N}^2$  4. C. 57—63.
- 15. *Касимов Н.* С. Кларки химических элементов как эталоны сравнения в экогеохимии / Н. С. Касимов // Вестник Московского университета. Серия 5. География. -2015. № 2. С. 7-16.
- 16. Алексеенко В. А. Химические элементы в геохимических системах. Кларки почв селитебных ландшафтов : монография / В. А. Алексеенко. Ростов на Дону: Южный федеральный университет, 2013. 234 с
- 17. *Caem Ю. Е.* Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сает, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. М.: Недра, 1990. 335 с.
- 18. *Водяницкий Ю. Н.* Оценка суммарной токсикологической загрязненности почв тяжелыми металлами и металлоидами // Агрохимия. 2017. № 2. С. 56–63. **IZAS**

# **REFERENCES**

- 1. Samoylenko G. Yu., Bondarevich E. A., Kotsyurzhinskaya N. N., Boriskin I. A. Monitoring zagryaznennosti tyazhelymi metallami pochvennogo pokrova i rastenij (na primere Potentilla tanacetifolia Willd. ex Schlecht.) prirodnyh ekosistem v usloviyah urbanizirovannoj territorii g. Chity [Monitoring of heavy metal contamination of soil cover and plants (on the example of Potentilla tanacetifolia Willd. ex Schlecht.) of natural ecosystems in the urbanized territory of Chita]. Samara Scientific Bulletin. 2018. Vol. 7, no. 1 (22). pp. 110–115. [In Russ]
- 2. Kasimov N. S., Vlasov D. V. Heavy metals and metalloids in soils of Russian cities (according to the annual reports of Roshydromet). *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Series 5. Geografiya. 2018. no. 3. pp. 14–22. [In Russ]
- 3. Potential ecological risk and human health risk assessment of heavy metal pollution in industrial affected soils by coal mining and metallurgy in Ostrava, Czech Republic. H. Doležalová Weissmannová, S. Mihočová, P. Chovanec, J. Pavlovský. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2019. 16 (22), 4495. URL: https://doi.org/10.3390/ijerph16224495.
- 4. Kamunda C., Mathuthu M., Madhuku M. Health risk assessment of heavy metals in soils from Witwatersrand gold mining basin, South Africa. International Journal of Environmental Research and Public Health. 2016. no. 13:663. DOI: 10.3390/ijerph13070663.
- 5. Spatial Distribution and Mobility Factor of Heavy Metals in Agricultural Soil in the Vicinity of Abandoned Lead Ore Dressing Plant, Klity Village, Thailand. P. Teerawit, P. Prasert, K. Vorapot and P. Bunyarit. EnvironmentAsia. 8(2). 2015. P. 94–108.
- 6. Elokhina S. N., Elokhin V. A., Zubarev K. A., Khanin A. B. Assessment of the impact of mining production on soil pollution. *Izvestiya VUZov. Gornyj zhurnal*, 2014, no. 1. pp. 93 98. [In Russ]

- 7. Heavy metal contamination and ecological risk assessment in soils and sediments of an industrial area in Southwestern Nigeria. T. O. Kolawole, A. S. Olatunji, M. T. Jimoh, O. T. Fajemila. *Journal of Health and Pollution*. 2018. V. 8. no. 19:180906. URL: https://doi.org/10.5696/2156 9614 8.19.180906.
- 8. Ubugunov L. L., Ubugunov V. L. Technogenic soil contamination of Buryatia with heavy metals: sources, current state of the problem, remediation. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental nyh issledovanij.* 2013. no. 8. pp. 19 21. [In Russ]
- 9. Pisetski, V. B., Abaturova, I. V., Štorozhenko, L. A., Petrova, I. G. On the principal features of integration geotechnical, geomechanical and seismic data in the estimates of physical and mechanical condition of the soil. From Oil and Gas Basin Studies to Field Models, Conference Proceedings, Far East Hydrocarbons 2016, Oct 2016, Volume 2016, pp. 1-3.
- 10. Vukolov E. A. Osnovy statisticheskogo analiza. Praktikum po statisticheskim metodam i issledovaniyu operacij s ispol'zovaniem paketov STATISTICA i EXCEL [Fundamentals of statistical analysis. Workshop on statistical methods and operations research using STATISTICA and EXCEL packages]. Moscow: Forum, 2008. 464 p. [In Russ]
- 11. Khalafyan A. A. Statistica 6. Statisticheskij analiz dannyh [Statistica 6. Statistical analysis of data]. Moscow: Binom-Press, 2007. 512 p. [In Russ]
- 12. Aparin BF, Sukhacheva E. Yu. Classification of urban soils in the system of Russian and international classifications of soils. *Byulleten' pochvennogo instituta im. V. V. Dokuchaeva*. Issue 79, 2015. pp. 53 72. [In Russ]
- 13. Klassifikaciya i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk: Oikumena, 2004, 342 p. [In Russ]
- 14. Elokhina O. V., Elokhin V. A. Assessment of the impact of a solid industrial waste dump located in a worked-out quarry on the state of the soil cover. *Izvestiya Vuzov. Gornyj zhurnal*, 2014, no. 4. pp. 57 63. [In Russ]
- 15. Kasimov NS Clarks of chemical elements as reference standards in ecogeochemistry. NS Kasimov. *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Series 5. Geografiya. 2015. no. 2. pp. 7 16 [In Russ]
- 16. Ålekseenko V. A. Himicheskie elementy v geohimicheskih sistemah. Klarki pochv selitebnyh landshaftov: monografiya [Chemical elements in geochemical systems. Clarks of soils of residential landscapes: monograph]. Rostov on Don: Southern Federal University, 2013. 234 p. [In Russ]
- 17. Sayet Yu. E., Revich B. A., Yanin E. P. *Geohimiya okruzhayushchej sredy* [Geochemistry of the environment]. Moscow: Nedra, 1990. 335 p. [In Russ]
- 18. Vodyanitskiy Yu.N. Assessment of the total toxicological contamination of soils with heavy metals and metalloids. *Agrohimiya*. 2017. no. 2. pp. 56–63. [In Russ]

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

*Елохин Владимир Аскольдович* — докт. геол.-минерал. наук, ст. н. с., зав. кафедрой горного производства, elokhin.v.a@mail.ru, Уральский государственный горный университет 620144, Екатеринбург, улица Куйбышева, 30, Россия.

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Elokhin V. A., Dr. Sci. (Geol. Mineral.), Senior Researcher, Head of the Mining Practice Department, e-mail: elokhin.v.a@mail.ru, Ural State Mining University, Yekaterinburg, Russia.

Получена редакцией 25.05.2021; получена после рецензии 13.07.2021; принята к печати 10.10.2021. Received by the editors 25.05.2021; received after the review 13.07.2021; accepted for printing 10.10.2021.

