

УДК 550.42:622.85

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОЧВ И ГРУНТОВ ЗОНЫ АЭРАЦИИ ТЕРРИТОРИЙ СЕЛЬСКИХ ПОСЕЛЕНИЙ РАЙОНОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ КРУПНЫХ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ КОМПЛЕКСОВ*

В. А. БУДАРИНА¹, канд. юр. наук, доцентИ. М. ИГНАТЕНКО², директор Института наук о Земле,

канд. техн. наук, доцент

И. И. КОСИНОВА², зав. кафедрой, д-р геол.-минерал. наук, проф.,
kosinova777@yandex.ru¹Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия²Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Белгород, Россия

Введение

Влияние горнопромышленных комплексов на почвы прилегающих территорий проявляется в направлении их прогрессирующей деградации [1, 2]. Она имеет хронический характер и проявляется в виде загрязнения тяжелыми металлами, засоления с частичной потерей плодородия [3]. Отличием горнодобывающих комплексов центральной части России является их включение в исторически сложившийся агропромышленный тип освоения территории. Плотное сочленение объектов горнодобывающих предприятий и сельскохозяйственных полей представляет собой экологическое и инфраструктурное противоречие. Однако экономические интересы региона стали основой для совместной деятельности горнодобывающего и агропромышленного комплексов [4, 5]. Подобная ситуация характерна для районов разработки железистых кварцитов в пределах Белгородской области. Следует подчеркнуть, что в настоящее время область активно развивается, осуществляется строительство объектов промышленного и сельскохозяйственного назначения. Целью настоящей работы стало изучение радиуса воздействия загрязняющих веществ на прилегающие территории сельских поселений, расположенных в районе воздействия наземного и подземного горнодобывающих комплексов. В качестве объекта исследований выбрано Быковское сельское поселение – муниципальное образование, находящееся в Белгородской области в Яковлевском районе. Общая площадь территории поселения составляет 14340 км² с населением в 1598 человек и с плотностью населения в 27,32 человека на 1 км². Исследуемая территория имеет достаточно высокую техногенную нагрузку [6]. На границе поселения находится город

Проведены исследования по изучению радиуса действия загрязняющих веществ на прилегающие территории. Объектом исследований было выбрано Быковское сельское поселение Белгородской области, расположенное в 140 км от Стойленского и Лебединского ГОКов и в 10 км от шахт Яковлевского ГОКа. Эколого-геохимическое исследование почв Быковского сельского поселения выявило их благоприятное состояние, несмотря на незначительное превышение концентрации некоторых элементов. Установлено повышенное относительно фоновых значений содержание в почве Cr, V, Ba, Zn, в некоторых случаях Ni и Co, что позволяет определить радиус воздействия объектов крупных горнодобывающих комплексов на почвы прилегающих территорий не менее 140 км.

Ключевые слова: эколого-геохимическая оценка, почвы, грунты, сельское поселение, радиус, воздействие, горнодобывающий комплекс

DOI: 10.17580/gzh.2024.11.16

Строитель, который в своем составе имеет ряд крупных промышленных предприятий. Непосредственно в границах сельского поселения расположено многопрофильное сельскохозяйственное предприятие. Приблизительно в 10 км от северной границы Быковского сельского поселения расположен крупный Яковлевский ГОК, деятельность которого оказывает техногенное воздействие на территорию. Помимо Яковлевского ГОКа, на северо-востоке расположены отвалы карбонатных, глинистых и скальных вскрышных пород Стойленского и Лебединского ГОКов. В целом техногенная нагрузка в пределах территории формируется в результате воздействия ряда основных факторов [7]. Первый – климатические особенности территории [8], второй – деятельность горнодобывающего комплекса Яковлевского рудника; воздействие буровзрывных работ и отвалов Стойленского и Лебединского ГОКов. Третий – активное агропромышленное освоение территории.

Методы исследований

Полевые работы включали пробоотбор почв, который осуществляли с поверхности методом конверта. Для отбора грунтов были пробурены две скважины. Пробы грунта отбирали с глубины 0,2; 0,5 и 1 м (рис. 1).

*Работа выполнена за счет средств проекта № 20180180 «Управление процессом воспроизводства экосистем в агроландшафтах» программы «Приоритет – 2030».

Таблица 1. Фоновые значения содержания микрокомпонентов в почвах, мг/кг

Химический элемент	Класс опасности	Эталонный курский чернозем	Черноземы типичные	Черноземы выщелоченные	Пойменно-луговые почвы	Комплекс балочных почв	Донные отложения
Zn	1	70,9	54,5	51,8	43,6	62,9	45,7
Cr	2	98,8	73,2	73,3	52,7	70,5	71
Co	2	20	20,8	17,3	15,8	14,6	14,8
Ni	2	39	37,1	32,4	25,5	25,3	38,8
Cu	2	19,7	21,8	21,2	20,1	18,8	15
V	3	61,7	64,7	57,6	40,9	50,5	36,2
Sr	3	107,5	–	–	–	–	–
Ba	3	476	221,1	180,6	240,9	192,5	190,5

Таблица 2. Кларки металлов в основных осадочных породах, мг/л

Элемент	Глубоководные глины	Глинистые сланцы	Песчаники	Граувакки	Глубоководные карбонаты	Карбонатные породы	Почвы
V	120	130	20	67	20	19	150
Cr	90	94	35	50	11	11	–
Co	74	19	0,3	23	7	1,6	12
Ni	225	74	2	4	30	12	110
Cu	250	48	1	45	30	68	30
Zn	16,5	93	21	60	35	22	84
As	13	12	1	–	1	1,6	12
Sr	180	330	200	200	200	540	380
Pb	80	20	70	–	9	8,8	40
Rb	110	150	55	80	10	5	95
Ba	2300	660	180	380	190	53	500

ИНФОРМАЦИОННЫЕ УСЛУГИ

Для определения количественного содержания микрокомпонентов в пробах почв и грунтов использовали спектроскан Макс GV. Измерения выполняли с помощью программы QAV 4.361 в режиме «Градуирование продукта».

Аналитические исследования включали определение содержания следующих компонентов, мг/кг: ванадия, хрома, кобальта, никеля, меди, цинка, мышьяка, рубидия, стронция, бария, свинца. Перечень компонентов был определен на основании предшествующих исследований, в результате которых было выявлена их ведущая роль в процессе загрязнения [9].

В качестве фоновых при расчете коэффициентов концентрации для микрокомпонентов в почвах были взяты характерные значения, опубликованные в более ранних исследовательских работах, затрагивающих эту территорию (табл. 1). Для отобранных с глубины 0,2–1 м грунтов при расчетах учитывали кларки содержания элементов в основных осадочных породах (табл. 2) [10].

Результаты и их обсуждение

Территория Яковлевского района входит в Белгородский железорудный район, расположенный в западной

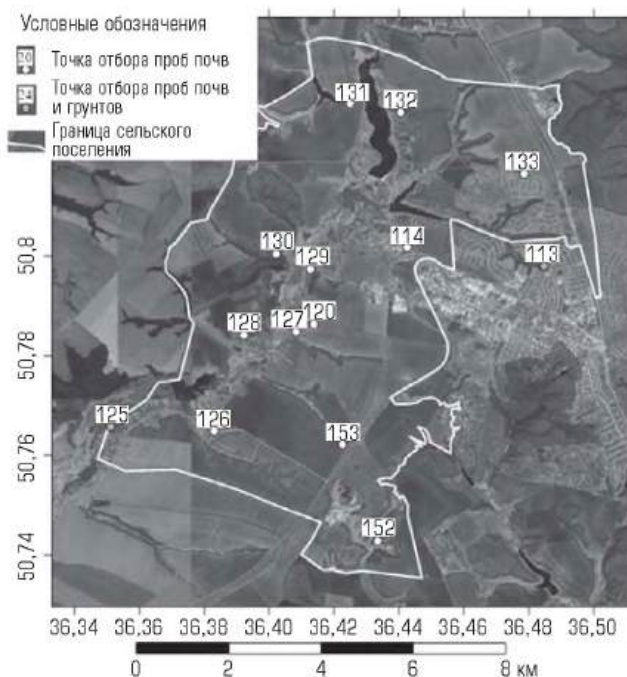


Рис. 1. Карта фактического материала



Рис. 2. Меломергельные породы в геологическом разрезе Быковского сельского поселения

части Белгородской области и приурочена к южному флангу Белгородско-Михайловского грабен-синклинория [11]. В связи с глубоким (450–900 м) залеганием кристаллического фундамента под породами осадочного платформенного чехла промышленное значение имеют только богатые железные руды. В этом районе разведаны и учтены Государственным балансом Яковлевское, Гостищевское, Висловское, Мелихово-Шебекинское месторождения богатых железных руд. Гидрогеологические условия характеризуются наличием четырех крупных водоносных комплексов, первым из которых является четвертичный аллювиальный водоносный комплекс [7]. Водовмещающими породами служат пески. Покровные и делювиальные отложения практически безводны. Для них характерно наличие грунтовых вод типа «верховодки», приуроченной к линзам и прослоям песка, имеют сезонный характер развития. С коренными породами связан ряд водоносных горизонтов, из которых наибольший практический интерес представляет верхнемеловой (рис. 2).

Основной водоносный горизонт приурочен к мергельно-меловой толще, имеющей достаточно высокую водообильность и глубину залегания от земной поверхности в пределах 100–190 м (рис. 3).

Быковское сельское поселение территориально удалено от Стойленско-Лебединского горнодобывающего комплекса на расстояние до 140 км. Проведенные эколого-геохимические исследования имели целью определение радиуса возможного влияния крупных горнодобывающих комплексов на почвы прилегающих территорий. Структура почв Быковского сельского поселения представлена черноземами с преобладанием черноземов типичных. Они отличаются значительной мощностью — 70–90 см, слабоуплотненной тонкопористой текстурой, высоким содержанием карбонатных солей. В карбонатных горизонтах заметно увеличивается содержание окиси кальция, а верхние горизонты обогащены фосфором и серой. Среди черноземов, типичных по механическому составу, преобладают тяжелосуглинистые почвы, лишь в поймах рек и на террасах залегают супесчаные и песчаные. Согласно данным Фанг Ванга [12],

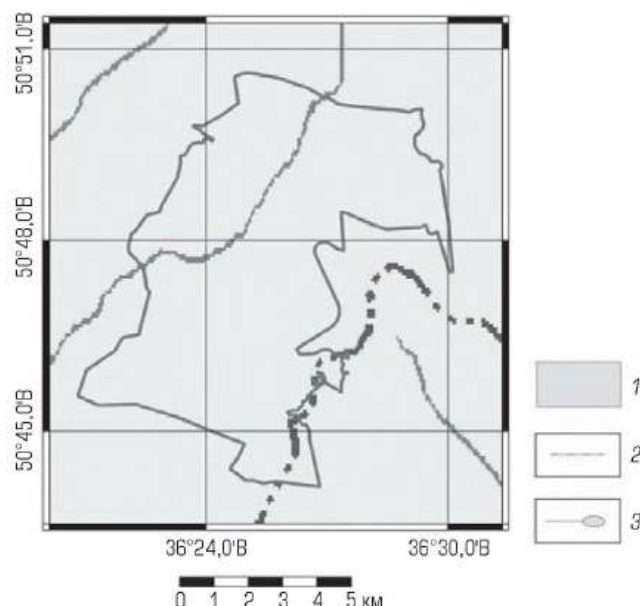


Рис. 3. Фрагмент гидрогеологической карты докайнозойских отложений:

1 — верхнемеловые водоносные карбонатно-терригенные горизонты и комплексы; 2 — границы административно-территориальных образований области; 3 — реки и озера

уровни загрязнения почв тяжелыми металлами зависят от типа почвы и уровня ее деградации. По степени эродированности черноземы слабосмытые. В пойме реки встречаются пойменно-луговые и пойменно-лесные почвы с содержанием гумуса 5–7 %. Уровень гидролитической кислотности невысокий, колеблется в пределах 1,5–2,4 ммоль на 100 г. По результатам расчета суммарного показателя загрязнения (СПЗ) была построена карта эколого-геохимической оценки загрязнения почв Быковского сельского поселения (рис. 4). В целом степень загрязнения оценивается как допустимая. Однако в ходе исследования было выявлено, что концентрация таких элементов, как Cr, V, Ba, Zn во всех точках отбора проб почв незначительно, но превышает фоновое значение. Свое максимальное значение СПЗ имеет в юго-западной, центральной и северной частях района исследования. Так, на севере максимум составляет 5,5 ед. (точка отбора пробы (т.) 131), в южной части от 4,65 (т. 125) до 5,35 ед. (т. 126), в центральной части поселения СПЗ достигает до 5 ед. (т. 129).

Образцы из точек отбора 125, 126, 129, 131 были взяты в пойме реки, почвы пойменно-луговые. Для этих типов почв фоновые значения ниже, чем для типичного чернозема, что формирует более высокие коэффициенты концентраций. В целом по территории содержание никеля во всех точках отбора имеет близкие значения и колеблется в диапазоне от 29,71 до 41,09 мг/кг. Помимо превышения по никелю, также

была обнаружена повышенная концентрация кобальта. Она наблюдается в точках отбора проб 131 и 132. Во всех остальных случаях содержание кобальта не превышает фоновое значение для черноземов типичных и пойменно-луговых почв.

Появление Cr, V, Ba, Zn, Ni, Co в почвах и их повышенная концентрация на территории могут иметь только один источник поступления – горнодобывающие комплексы. Природные и техногенные факторы формирования эколого-геохимической обстановки Быковского сельского поселения характеризуются в основном агропромышленной нагрузкой, для которой перечисленные металлы не характерны. На северо-востоке относительно объекта исследований расположены отвалы вскрышных пород Стойленского и Лебединского горнодобывающих комплексов, значительная доля которых представлена карбонатными и глинистыми горными породами. Такие элементы, как барий, хром, ванадий и цинк, являются элементами вскрышных пород. Пыль отвалов при ветровом переносе мигрирует в радиусе до 140 км и аккумулируется в почвах. Выявлено, что превышение относительно фоновых значений невелико, однако оно может стать основой для формирования эколого-геохимических аномалий. Добычу железных руд на Яковлевском ГОКе, расположенном примерно в 10 км от исследуемого сельского поселения, осуществляют подземным способом, соответственно, отвалы вскрышных пород по объему очень незначительны. Объемы пыления с отвалов из-за их малого размера несущественные.

Результаты расчета суммарного показателя загрязнения для проб грунтов зоны аэрации приведены на **рис. 5**. Все пробы грунта соответствуют допустимому уровню загрязнения (СПЗ < 8).

Анализ содержания тяжелых металлов в грунтах демонстрирует их допустимый уровень загрязнения, превышения обнаружены только по мышьяку и кобальту. Следует подчеркнуть, что с поверхности и до глубины 1 м мышьяк зафиксирован в обеих наблюдательных скважинах. Вероятнее всего подобные превышения фоновых значений являются следствием использования удобрений на сельхозполях. Однако следует подчеркнуть наличие повышенных концентраций

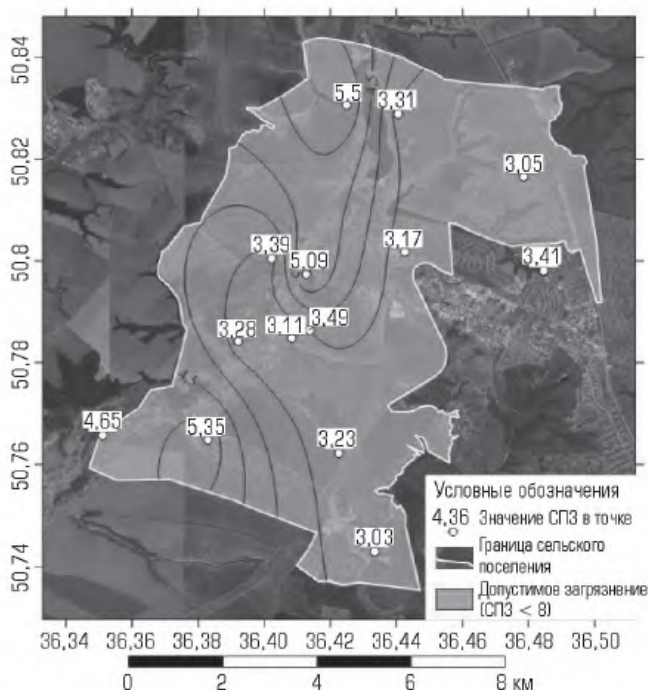


Рис. 4. Карта эколого-геохимической оценки загрязнения почв Быковского сельского поселения

мышьяка не только в почвах, но и в подстилающих породах. В скважине 125 на глубине 0,5 м зафиксирована максимальная концентрация мышьяка, составляющая два фоновых значения. В скважине 113 превышения кобальта отмечены на глубине 0,5 и 1 м, в скважине 125 – на глубине 0,2 и 1 м. Его концентрация максимально превышает фоновые значения в 1,46 раза. По содержанию иных металлов эколого-геохимическая ситуация благополучная.

В ходе исследований также было изучено содержание токсических солей в почвах. К токсическим солям относятся карбонаты, бикарбонаты, хлориды и сульфаты [13]. Порог токсичности – это предельно допустимое количество солей в почве, при превышении которого происходит угнетение роста и развития растений [14]. Были выявлены диапазоны содержания

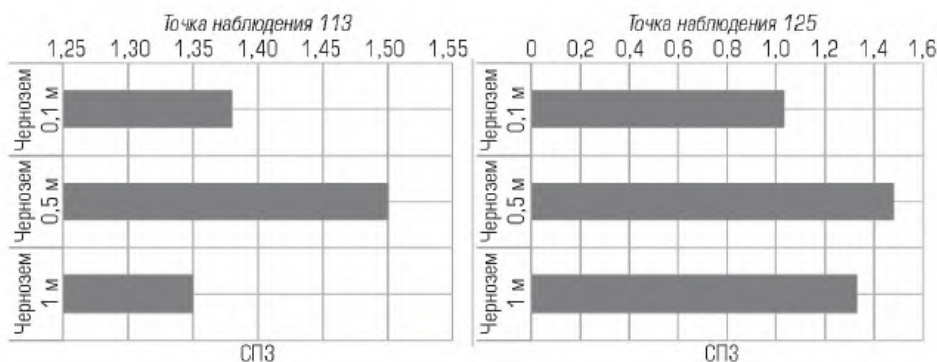


Рис. 5. Диаграммы эколого-геохимической оценки почв зоны аэрации:
по горизонтали – суммарный показатель загрязнения;
по вертикали – глубина пробоотбора

Таблица 3. Результаты химического анализа водных вытяжек, ммоль/100 г

Проба	pH	Бикарбонаты	Хлориды	Сульфаты	Кальций	Магний	Тип почв
113	8,43	0,25	1,5	0,24	0,25	20	Черноземы типичные
114	8,03	0,75	2	0,8	0	0	То же
120	8,31	0,15	1,5	0,16	0	0	— » —
125	7,34	0,75	1	1,6	0	0	Пойменно-луговые почвы
126	7,2	2,25	1	0,8	0	0	То же
127	8,6	0,2	2	0,08	2	0	Черноземы типичные
128	8,55	0,2	1	0,16	0	0	То же
129	8,01	0,2	1,5	0,16	0,25	0	Пойменно-луговые почвы
130	7,37	1,25	7,5	3,84	12	15	Черноземы типичные
131	7,13	0,25	1,5	0,24	0	0	Пойменно-луговые почвы
132	8,04	1	1,75	1,6	0	0	Черноземы типичные
133	8,44	1,25	1	2,4	0	0	То же
152	6,61	1,175	8,5	0,64	3,5	0	— » —
153	7,26	0,7	12,5	0,8	2	10,5	— » —

токсических солей в почвах и грунтах Быковского сельского поселения. Результаты химического анализа водных вытяжек почв территории Быковского сельского поселения представлены в табл. 3.

Химический анализ проводили по двум типам почв – чернозем типичный и пойменно-луговая почва. Водородный показатель pH по результатам водных вытяжек имеет диапазон от 6,61 до 8,6. Содержание бикарбонатов варьирует от 0,15 до 2,5 ммоль на 100 г, хлоридов – от 0,75 до 7,5 ммоль на 100 г, сульфатов – от 0,08 до 3,84 ммоль на 100 г. Следует отметить, что повышенное содержание хлоридов, зафиксированное в точках 130 и 114, может указывать на процесс засоления почв. Негативное воздействие солей на рост растений и животных может привести к снижению урожайности и ухудшению состояния почвы.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Эколого-геохимическое исследование почв Быковского сельского поселения выявило их благоприятное состояние. Значения суммарного показателя концентрации почв не превышают 5,5, что соответствует допустимому уровню загрязнения. При этом, несмотря на допустимый уровень загрязнения, во всех точках отбора проб почв наблюдается повышенное относительно фоновых значений содержание Cr, V, Ba, Zn, в некоторых случаях Ni и Co. Данное обстоятельство позволяет определить радиус воздействия объектов крупных горнодобывающих комплексов на почвы прилегающих территорий, который составляет не менее 140 км.

2. По результатам химического анализа водных вытяжек образцов почв можно сделать вывод, что в целом засоление на территории Быковского сельского поселения отсутствует.

Однако в точках 130, 152 и 153 присутствует повышенное содержание хлоридов. Это может свидетельствовать о возможном засолении почв в этой части исследуемой территории. Для комплексной и достоверной оценки степени деградации почв рекомендуется провести дополнительные исследования.

3. Эколого-геохимическое исследование грунтов зоны аэрации с глубин 0,2; 0,5, 1 м показало, что все пробы грунта соответствуют допустимому уровню загрязнения (СПЗ < 8). Минимальное значение СПЗ составляет 1,03, максимальное 1,5. При этом по всей глубине наблюдается повышенная концентрация мышьяка и в 70 % проб – повышенное содержание кобальта. В скважине 125 на глубине 0,5 м наблюдается концентрация мышьяка, которая больше фоновых значений в два раза. Подобное обстоятельство свидетельствует о слабом уровне загрязнения грунтов зоны аэрации на этой глубине. Вероятнее всего источником поступления мышьяка являются удобрения, которые использовали на сельхозугодьях. Во всех остальных случаях аналогичные превышения не зафиксированы.

4. Дальнейшее техногенное освоение земель следует осуществлять с учетом выявленных эколого-геохимических особенностей почв и грунтов зоны аэрации территорий сельских поселений в районах воздействия крупных горнодобывающих комплексов на основе принципов восстановительной экологии [12].

Библиографический список

См. англ. блок. 

Ecological and geochemical features of aeration zone in rural areas in regions of influence of large mining facilities**Information about authors****V. A. Budarina**¹, Candidate of Juridical Sciences, Associate Professor**I. M. Ignatenko**², Director of the Institute of Earth Sciences, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor**I. I. Kosinova**², Head of Department, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, kosinova777@yandex.ru¹Voronezh State University, Voronezh, Russia²Belgorod State University, Belgorod, Russia**Abstract**

Mining facilities are significant sources of pollution caused to the components of environment. In the central part of Russia, the world's largest deposit of ferruginous quartzites is being exploited at depths from 50 to 250 m. Productive strata and overburden contain heavy metals that are foreign to soil on ground surface. The purpose of this work was to study the range of impact exerted by pollutants on adjacent areas. The object of study was the Bykovskoe rural settlement in the Belgorod Region, located 140 km away from the facilities of the Stoilensky and Lebedinsky GOKs and 10 km off the mines of Yakovlevsky GOK. The soil structure of the Bykovskoe rural settlement is represented by black soil with a predominance of 'typical' chernozems. The ecological and geochemical studies of soils and subsoils revealed a permissible level of their pollution. However, it was found that the concentration of elements such as Cr, Va, Ba, Zn at all points of soil sampling was, though insignificantly, but higher than the background value. Nickel content is similar at all sampling points and ranges from 29.71 to 41.09 mg/kg. In addition to the excess in nickel, an increased concentration of cobalt was also detected. The analysis of the content of heavy metals in soils demonstrates their permissible level, and exceedances are only found for arsenic and cobalt. This circumstance makes it possible to determine the threat radius of impact exerted by large mining facilities on soils in adjacent areas, which is at least 140 km. Engineering and environmental surveys within the delineated zone allow determining the genesis of some heavy metals in soils free from direct industrial impact. The results obtained should be taken into account when developing recommendations on ecological and geochemical monitoring during engineering and environmental surveys.

The study was supported within the framework of the Priority 2030 Program, Project No. 20180180 Ecosystem Reproduction and Management on Agrolandscapes.

Keywords: ecological and geochemical assessment, soils, subsoils, rural settlement, radius, impact, mining facility.

References

1. Carter S. K., Haby T. S., Meineke J. K., Foster A. C., McCall L. E. et al. Prioritizing science efforts to inform decision making on public lands. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2023. Vol. 21, Iss. 10. pp. 453–460.
2. Zenkov I. V., Kiryushina E. V., Vokin V. N., Maglinets Yu. A. Review of global trends in meeting the ecological challenges of the mining industry. Part I: International research. *Eurasian Mining*. 2022. No. 1. pp. 90–94.
3. Budarina V. A., Ignatenko I. M., Kosinova I. I. Features of soil contamination of rural settlements in the central part of the Belgorod region with heavy metals. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geologiya*. 2023. No. 4. pp. 113–121.
4. Avramenko P. V., Akulov P. G., Atanov Yu. G., Belousova A. I., Vakulenko A. G. et al. Natural Resources and Environment in the Belgorod Region. Belgorod : Izdatelstvo BelGU, 2007. 556 p.
5. Chmykhalova S. V. Effectiveness evaluation of mining as a natural and technical system with a decrease in the content of a useful component of the ore–raw material base. *Eurasian Mining*. 2021. No. 2. pp. 36–40.
6. Golik V. I., Polukhin O. N., Petin A. N., Komashenko V. I. Environmental problems of working out of ore deposits of Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 2013. No. 4. pp. 91–94.
7. Budarina V. A., Lisetsky F. N., Kosinova I. I. Transformation of ecological-resource and ecological-geochemical functions of the lithosphere within the Stary Oskol–Gubkin mining district of the Kursk Magnetic Anomaly. *Gornyi Zhurnal*. 2022. No. 11. pp. 57–62.
8. Masson-Delmotte V., Zhai P., Pirani A., Connors S. L., Péan K. et al. Climate Change 2021. The Physical Science Basis. Summary for Policymakers : Report. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2021. 40 p.
9. McDuffie E. E., Smith S. J., O'Rourke P., Tibrewal K., Venkataraman C. et al. A global anthropogenic emission inventory of atmospheric pollutants from sector- and fuel-specific sources (1970–2017): An application of the Community Emissions Data System (CEDS). *Earth System Science Data*. 2020. Vol. 12, Iss. 4. pp. 3413–3442.
10. Lukin S. V. Monitoring of agroecological condition of arable soils of the Central Chernozem Region of Russia. *Eurasian Soil Science*. 2023. No. 4. pp. 67–77.
11. Utekhin D. N. (Ed.). Geology, Hydrogeology and Iron Ores in the Kursk Magnetic Anomaly. Volume 1. Geology. Book 2. Depositional Sequence. Moscow : Nedra, 1972. 360 p.
12. Wang F., Zhou Y., Fu X., Zhao Y., Wen Y. et al. Analysis and assessment on the heavy metals in a severely degraded subtropical red soil region. *American Journal of Plant Sciences*. 2024. Vol. 15, No. 2. pp. 110–121.
13. Rydgren K., Halvorsen R., Töpper J. P., Auestad I., Hamre L. N. et al. Advancing restoration ecology: A new approach to predict time to recovery. *Journal of Applied Ecology*. 2019. Vol. 56, Iss. 1. pp. 225–234.
14. Zhuikov D. V. Monitoring of the content of trace elements (Mn, Zn, Co) in agrocenoses of the south western part of the Central Chernozem region of Russia. *Zemledelie*. 2020. No. 5. pp. 9–13.

НОВОСТИ:

- ГОРНОЙ И МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
- ИЗДАТЕЛЬСКОГО ДОМА «РУДА И МЕТАЛЛЫ»

ПОДПИСЫВАЙТЕСЬ НА TELEGRAM-КАНАЛ
t.me/OreMet

РЕКЛАМА

12+