

Особенности загрязнения почв и грунтов сельских поселений центральной части Белгородской области тяжелыми металлами

©2023 В. А. Бударина¹, И. М. Игнатенко², И. И. Косинова^{1✉}

¹*Воронежский государственный университет,
Университетская пл., 1, 394018, Воронеж, Российская Федерация*
²*Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
ул. Победы, 85, 308015, Белгород, Российская Федерация*

Аннотация

Введение: Белгородская область является одним из наиболее благоприятных по всем природным показателям регионов России. Она отличается разнообразным по проявлениям и комфортным по содержанию климатом, высокопродуктивными почвами, богатыми поверхностными и подземными водами, разнообразным растительным и животным миром. Помимо обозначенных факторов, Белгородская область включает комплекс крупнейших месторождений рудных и нерудных полезных ископаемых. Данные обстоятельства стали основой плотного освоения территории Белгородской области населением, количество проживающих составляет 55.82 чел./км². Противоречие, возникшее между благоприятными природными условиями и мощным техногенным горнопромышленным комплексом, обусловило актуальность рассматриваемой проблемы.

Целью работы: стал анализ загрязнения почв и грунтов сельских поселений, расположенных в различных районах Белгородской области, тяжелыми металлами.

Методика проведенных исследований: Включала комплекс полевых работ по отбору почв и грунтов зоны аэрации по равномерной сети; подготовка и анализ проб на приборе спектроскан МАКС-GVM; расчет коэффициентов концентраций ведущих элементов – загрязнителей; определение закономерностей их распределения по площади и в разрезе.

Полученные результаты: Металлургическое производство стало причиной формирования стойкой эколого-геохимической аномалии по кобальту в почвах Обуховского сельского поселения, располагающегося на контакте с объектами предприятия. Превышение коэффициентов концентрации кобальта в почвах составляет 10–18 единиц. В пределах Новоуколовского сельского поселения, располагающегося в 60-ти км от основных источников загрязнения, выявлено превышение стронция и бария: почвы и грунты имеют щелочную реакцию; по глубине наблюдается пропорциональное уменьшение концентраций стронция; барий имеет тенденцию концентрироваться в почвенном разрезе, его содержание возрастает с глубиной.

Ключевые слова: сельские поселения, загрязнение, горнопромышленный комплекс, тяжелые металлы, кобальт, стронций, барий, закономерности.

Для цитирования: Бударина В. А., Игнатенко И. М., Косинова И. И. Особенности загрязнения почв и грунтов сельских поселений центральной части Белгородской области тяжелыми металлами // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология.* 2023. № 4. С. 113–121. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/4/113-121>



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Косинова Ирина Ивановна, e-mail: kosinova777@yandex.ru

Введение

Белгородская область является одним из самых комфортных по качеству среды обитания регионов Центральной России. Особенности природных условий predetermined, прежде всего, географическим положением Белгородской области в лесостепной провинции Среднерусской возвышенности. Как и во всей европейской части России, в Белгородской области господствует умеренно-континентальный климат, с теплым летом и сравнительно холодной зимой. Последние десятилетия характеризуются неустойчивыми температурами: зимы стали мягче, а летние ме-

сяцы прохладнее. Самый холодный январь в Старооскольском районе Белгородской области был зафиксирован в 2016 г. (Рис. 1)

Средняя температура составила -10.47°C . Самый тёплый январь был зафиксирован в 2020 году. Средняя температура достигла всего -0.49°C . При этом, самый холодный июль в Старооскольском районе был зафиксирован в 2015 году. Средняя температура составила всего $+16.43^{\circ}\text{C}$. А самый тёплый июль в Старооскольском районе был отмечен в 2021 году. Средняя температура достигла $+23.74^{\circ}\text{C}$ (Рис. 2).



Рис. 1. Температурный режим января территории Старооскольского района на период 2014–2022 гг. [1].
[Fig. 1. Temperature regime in January in the Starooskol region for the period 2014–2022 [1].]



Рис. 2. Динамика температурного режима июля Старооскольского района на период 2014–2022 гг. [1].
[Fig. 2. Dynamics of the temperature regime in July in the Starooskol region for the period 2014–2022 [1].]

В целом следует отметить общий тренд увеличения зимних и летних температур в период с 2014 по 2022 гг. Умеренно-континентальный климат с теплым летом и сравнительно теплой зимой оказывает непосредственное влияние на формирование почвенного профиля, определяя все протекающие в почве биохимические процессы. Наличие сухих периодов времени,

промерзание почвы, умеренное увлажнение способствуют частичной консервации органического вещества, гумификации и, как результат, образованию плодородных черноземов.

Современное почвообразование на преобладающей части площади происходит на лессовидных суглинках элювиально-делювиального происхождения. Для них

характерны рыхлость, хорошая оструктуренность, слабощелочная реакция среды, обогащенность поглощенными основаниями, карбонатность. Однородность почвообразующих пород нарушают вкрапления палеогеновых глин, мела и песчано-глинистых отложений аллювия. Согласно почвенно-географическому районированию, западная часть площади входит в состав зоны лесостепных черноземов Украинской лесостепной провинции, восточная, от р. Северский Донец, в Среднерусскую лесостепную провинцию. Преобладающее развитие на площади исследований имеют

черноземы типичные и выщелоченные, мощные и среднемощные, малогумусные. Менее распространены черноземы оподзоленные, серые и темно-серые лесостепные почвы, комплекс балочных (аллювиальных) почв. Другие почвы имеют ограниченное распространение. По механическому составу почвы преимущественно тяжелосуглинистые и легкосуглинистые. На террасах и в поймах рек залегают почвы средне- и легкосуглинистые, реже супесчаные и песчаные. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах представлено в таблице 1 [2].

Табл. 1. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах Белгородской области (мг/кг)
[Table 1. Background content of heavy metals in soils of the Belgorod region (mg/kg)]

№ п/п [serial number]	Химический компонент [Chemical component]	Класс опасности. [Hazard Class]	Фоновые содержания в почвах Белгородской области [Background contents in soils of the Belgorod region]	Классы ландшафтов [Landscape classes]			
				Черноземы типичные [Typical chernozems]	Серые и темно-серые Лесостепные [Gray and dark gray forest-steppe]	Аллювиальные [Alluvial]	Черноземы выщелоченные [Leached chernozems]
1	Цинк [Zincum]	1	70.9	53.4	37.8	45.5	50.7
2	Мышьяк [Arsenikum]	1	2**	-	-	-	-
3	Кадмий [Cadmium]	1	1*	-	-	-	-
4	Свинец [Plumbum]	1	14.7	-	-	-	27.2
5	Селен [Selenium]	1	12*	-	-	-	-
6	Бериллий [Beryllium]	1	2*	-	-	-	-
7	Хром [Chromium]	2	98.8	100.0	170.0	232.0	183.0
8	Бор [Borum]	2	53*	-	-	-	-
9	Кобальт [Cobaltium]	2	20	-	13.7	13.7	-
10	Никель [Niccolum]	2	39	35.1	15.6	21.8	37.1
11	Медь [Cuprum]	2	19.7	27.5	21.1	15.0	33.3
12	Молибден [Molybdaenum]	2	1.5	0.98	1.15	0.88	1.07
13	Сурьма [Stibium]	2	4.5**	-	-	-	-
14	Ванадий [Vanadium]	3	61.7	84.0	67.0	43.8	76.0
15	Марганец [Manganum]	3	302.5	398.0	367.0	204.0	300.0
16	Стронций [Strontium]	3	107.5	108.0	102.0	93.8	103.0
17	Барий [Barium]	3	476.0	348.0	348.0	217.0	316.0

Примечание: *Содержание в Стандартном образце Курского чернозема; **Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве
 [Note: *The content of Kursk chernozem in the Standard Sample; **Maximum permissible concentrations of chemicals in the soil.]

Объекты и методы исследования

Методология определения фоновых значений предполагает несколько подходов. Одним из них является использование ретроспективных данных, определяющих состояние компонентов окружающей среды на момент отсутствия, либо незначительного проявления антропогенной нагрузки. В этой связи нами в качестве фоновых использованы данные по концентрациям тяжелых металлов и неметаллоидов в почвах на момент 1996 г.

Основными источниками преобразования компо-

нентов природной среды являются горнодобывающие и горноперерабатывающие предприятия Белгородской области. В качестве экологических аспектов их деятельности следует упомянуть [3]:

- техногенное преобразование рельефа, с диапазоном изменения высот до 100 и более метров;
- сработка водоносных горизонтов вплоть до их полного исчезновения;
- загрязнение поверхностных и подземных вод;
- сьем почв с используемых в процессе производства площадей, последующая деградация почв;

- разнос загрязняющих элементов с воздушными потоками в результате производства буровзрывных работ на расстояния до нескольких сотен километров;

- снижение видового разнообразия растительного и животного мира в районе воздействия объектов описываемых видов промышленной деятельности.

Важным обстоятельством при определении зоны влияния технологических циклов Стойленского и Губкинского горнопромышленных районов является ветровой режим территории. Выявлено, что в пределах исследуемой территории имеет место равномерное в пространстве распределение ветровых потоков: юго-восточный (частота составляет 14 %); северо-западный (частота составляет 14 %) и западный (частота составляет 14 %). Самый редкий ветер в Старооскольском районе – северный (частота составляет 10 %) (рис. 3).

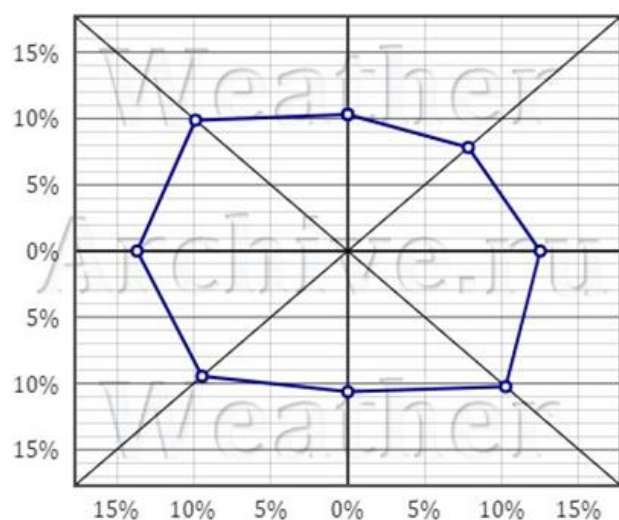


Рис. 3. Роза ветров в пределах Старооскольского района Белгородской области [1].

[Fig. 3. Wind pattern within the Starooskolsky district of the Belgorod region [1].]

Подобная особенность ветрового режима определяет степень воздействия отдельных источников загрязнения на окружающую среду. Предприятия горнопромышленного комплекса представляет собой площадной тип загрязнения. При существующих ветровых переносах материал буровзрывного облака переносится практически в равной степени по всем направлениям света. Небольшое преимущество обозначается для юго-восточного, северо-западного и западного направлений. Сельские поселения и прилегающие к ним территории попадают в зону воздействия Губкинского-Старооскольского горнопромышленного комплекса независимо от их расположения вокруг источника загрязнения.

Результаты и их обсуждение

В процессе эколого-геохимических исследований, проведенных нами с 90-х годов прошлого столетия и поныне, выявлены ведущие элементы загрязнители почв в зоне влияния обозначенного комплекса, среди

которых кобальт, барий и стронций [4]. Исследования проводились в ряде сельских поселений, располагающихся в разных пространственных координатах относительно Губкинского-Старооскольского горнопромышленного района. Нами исследованы два ключевых участка: Обуховское и Новоуколовское сельские поселения Белгородской области. Выбор данных поселений обусловлен следующими факторами:

- удаленность от основных объектов горнопромышленного комплекса;
- пространственное расположение, определяющее влияние ветрового переноса;
- преимущественное использование территории в сельскохозяйственных целях;
- учет наиболее характерных загрязняющих элементов.

Эколого-геохимическая оценка состояния почв Обуховского сельского поселения Белгородской области относительно концентраций кобальта исследовалась в непосредственной близости от Оскольского электрометаллургического комбината, как основного источника данного тяжелого металла. Оскольский электрометаллургический комбинат является структурной составляющей Губкинского-Старооскольского горнопромышленного района. Кобальт используется при производстве различных сплавов и является элементом загрязнителем металлургического производства. Ион кобальта принимает активное участие в реакциях окисления-восстановления, активно перемещаясь в компонентах окружающей среды. Концентрация кобальта в пробах почв варьирует от 2.35 до 373.89 мг/кг. При фоновом значении концентрации 20 мг/кг коэффициенты концентрации достигают величины 18.7. Эколого-геохимическая карта загрязнения почв кобальтом (рис. 4) демонстрирует контраст между точками №№ 10–15 и всеми остальными точками.

Концентрации в точках №№ 10–15 (189–373 мг/кг) превышают фоновые в 10–18 раз, причём плавный переход между точками отсутствует. Наличие западного ветра способствует формированию загрязнения почв к востоку от ОЭМК в пределах Обуховского сельского поселения. Пятно загрязнения попадает на сельскохозяйственные поля, которые находятся вдоль проспекта Алексея Угарова. В 2022 г. эти земли были засеяны кукурузой, а в 2023 г. они стоят под паром. Кобальт в высоких концентрациях из почвы попадает в сельскохозяйственную продукцию, откуда затем поступает в трофические цепи. Эколого-геохимическая ситуация в районе Обуховского сельского поселения демонстрирует особенности влияния горноперерабатывающего предприятия на почвы и грунты зоны влияния.

Новоуколовское сельское поселение Белгородской области располагается в 60 км юго-восточнее относительно Губкинского-Старооскольского горнопромышленного комплекса. Оно попадает в зону воздействия северо-западных ветров и испытывает воздействие объектов горнодобывающей промышленности. Основным направлением деятельности в пределах сельского поселения является аграрный сектор. Среди ведущих

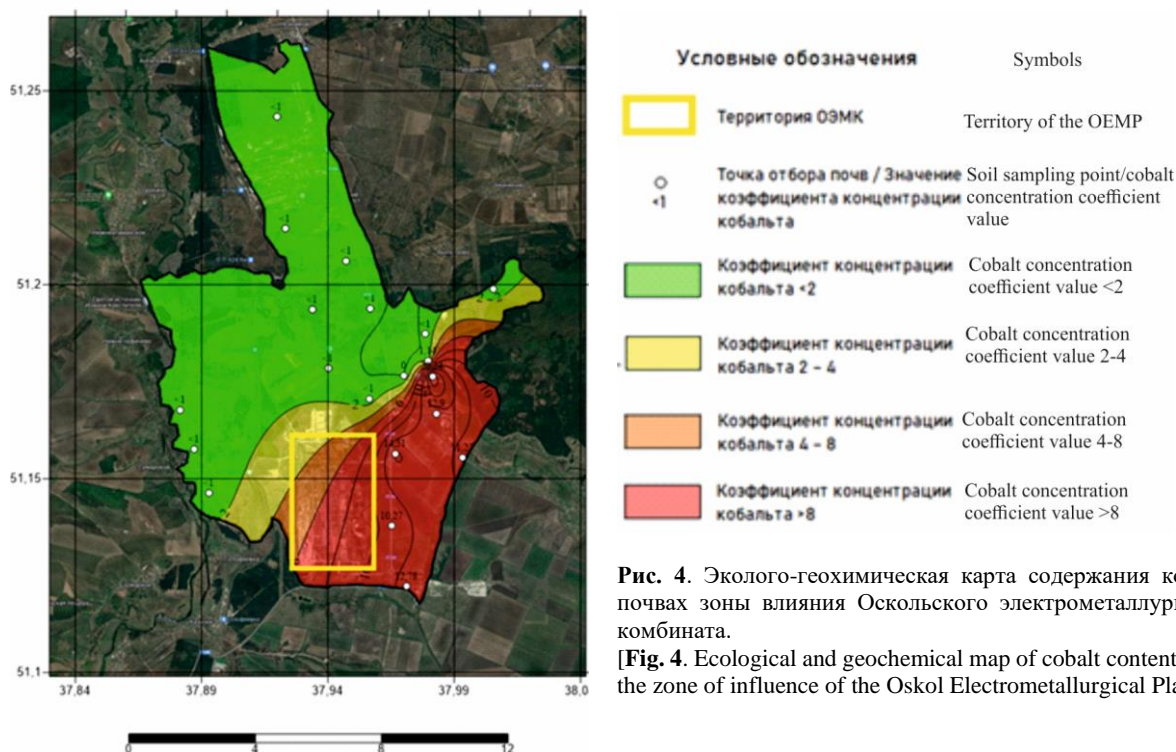


Рис. 4. Эколого-геохимическая карта содержания кобальта в почвах зоны влияния Оскольского электрометаллургического комбината.

[Fig. 4. Ecological and geochemical map of cobalt content in soils in the zone of influence of the Oskol Electrometallurgical Plant.]

элементов загрязнителей выделены стронций и барий. Двухвалентные катионы кальция, стронция и бария являются частями одной геохимической группы. Галогениды, нитраты и ацетаты перечисленных катионов хорошо растворимы в воде.

В геохимических процессах стронций является спутником кальция. В приповерхностных отложениях исследуемой территории отсутствуют минералы стронция целестин SrSO_4 и стронцианит SrCO_3 . Стронций является элементом буровзрывного облака карьеров, разносимого в районе его воздействия, а также элементом пыли меловых отвалов КМА. В породах продуктивной толщи стронций находится в рассеянном виде, а также является изоморфной примесью кристаллической решетки кальциевых, бариевых и калиевых минералов. Стронций входит в плагиоклаз магматических горных пород. Карбонатные осадочные породы Губкинского-Старооскольского горнодобывающего района являются вторым источником поступления в окружающую среду стабильных изотопов стронция ^{86}Sr (10.0 %), ^{87}Sr (7.0 %) и ^{88}Sr (82.0 %) [5].

Барий находится в окружающей среде в большем количестве, чем стронций. Соединения бария приурочены к карбонатным горным породам, где он находится в виде сульфатов, карбонатов, силикатов и др., при этом не образует устойчивых соединений. Барий в отличие от стронция не обладает значительным изоморфизмом с кальцием в магматических горных породах. Это литофильный элемент, обладающий высокой химической активностью.

Эколого-геохимическая характеристика стронция и бария относит данные элементы к токсическим относительно экосистем различного уровня организации,

включая человека. Стронций-токсичный элемент, способный замещать кальций в костях при его привнесении в организм. Барий относится к чрезвычайно токсичным элементам, однако его биодоступность весьма низкая. Он также замещает кальций в клетках, плохо выводится из организма.

В пределах Белгородской области выделены 2 области, каждая из которых соответствует определенному морфологическому типу территории, представляющему собой единый в генетическом плане, но разновозрастный в отдельных своих частях тип рельефа. Область А – долинный комплекс эрозионно-аккумулятивных речных террас. Широко распространена вдоль всех рек и оврагов. Область Б – пологоволнистая равнина, эрозионно-денудационный рельеф. Распространен на водораздельных пространствах и их склонах. В области А выделены три района: А-1, А-2 и А-3. Район А-1 – развитие современных аллювиальных отложений пойменных террас мощностью до 17 м. Сложен песками, супесями, суглинками, глинами с прослоями и линзами торфа и ила. В пределах района А-2 развиты верхнечетвертичные отложения первой и второй надпойменных террас и не перекрытых покровными субэаральными образованиями. Сложен песками, супесями, суглинками, глинами мощностью до 20 м. В пределах района Б-3 развиты покровные субэаральные образования мощностью 2–10 м на мергельно-меловых отложениях верхнего мела [6].

Для определения особенностей строения приповерхностных отложений нами в пределах района Б-3 были пробурены скважины глубиной 1 м, в пределах которых рассматривалось геологическое строение разреза и определялись эколого-геохимические характе-

ристики грунтов. Важным элементом эколого-геохимической ситуации является особенности геологического строения приповерхностных отложений, которые представлены на рис. 5.

Почвенно-грунтовый разрез скв. 3А демонстрирует

близкое расположение к поверхности меловых отложений верхнего мела около 0.7 м. Они перекрываются покровными субэдральными суглинками. Особенности распределения по разрезу рН среды, а также концентраций тяжелых металлов представлены на рис. 6.

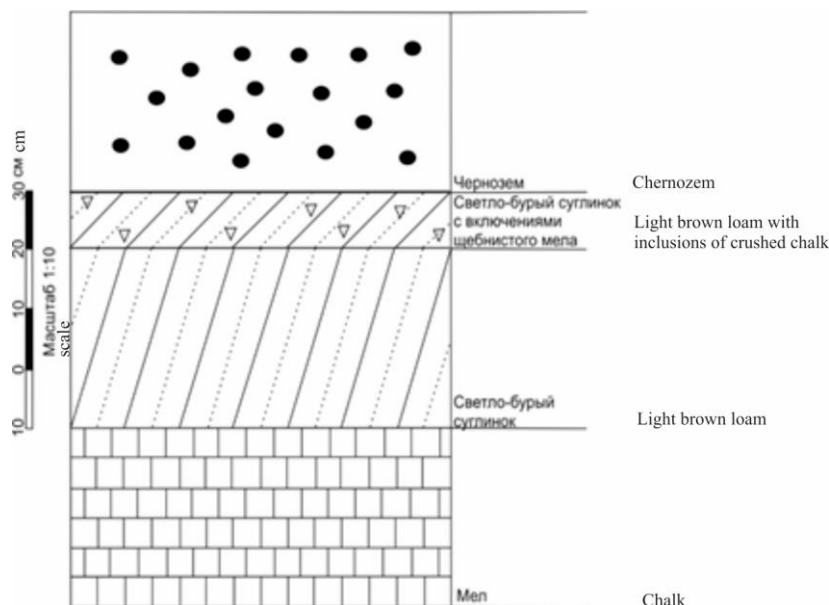


Рис. 5. Почвенно-грунтовый разрез скважины 3А Новоуколовского сельского поселения.
[Fig. 5. Soil section of well 3A of the Novoukolovsky rural settlement.]

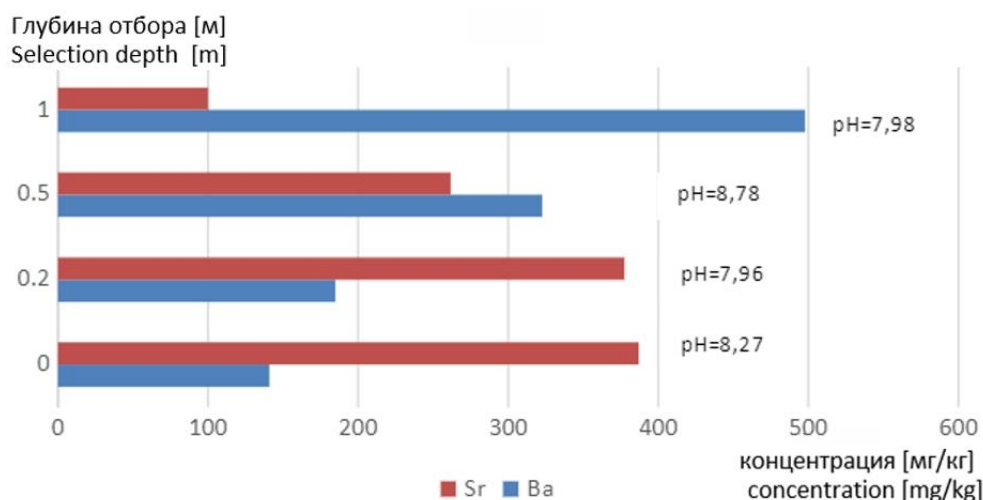


Рис. 6. Диаграмма распределения стронция и бария по разрезу скв. 3А, Новоуколовское сельское поселение Белгородской области.
[Fig. 6. Diagram of the distribution of strontium and barium along the section of well 3A, Novoukolovsky rural settlement, Belgorod region.]

Следует подчеркнуть повышенную щёлочность почв в разрезе, которая составляет 7.9–8.3. Грунты также характеризуются повышенной щелочностью, что обусловлено близким залеганием к поверхности меловых отложений. Максимальное количество стронция фиксируется в почвенном разрезе и составляет около 380 мг/кг. С глубиной фиксируется устойчивое падение концентраций стронция до величины 100 мг/кг. При величине фоновых значений для почв

Белгородской области, составляющих 107.5 мг/кг фиксируется практически четырехкратное превышение концентраций стронция. На глубине 1м концентрации элемента уравниваются с фоновыми значениями [7].

Диаметрально противоположно ведет себя барий, концентрации которого в исследуемом разрезе практически линейно возрастают от 130 до 500 мг/кг при фоновых значениях 476 мг/кг. Подобная тенденция выявлена и в других разрезах, вскрытых скважинами.

Данное обстоятельство позволяет предположить, что физико-химические особенности приповерхностных отложений в пределах Новоуколовского сельского поселения Белгородской области способствуют активной миграции и накоплению на глубине 1 м концентраций бария, превышающих фоновые значения. Стронций в щелочной среде малоподвижен, накапливается в почвенном слое [8].

Заключение

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Климатические особенности территории Губкинско-Старооскольского горнопромышленного комплекса способствуют практически равномерному пространственному загрязнению территорий прилегающих сельских поселений. В радиусе 60 км от основных источников в почвенно-грунтовой разрезе обнаружены концентрации стронция и бария, превышающие фоновые значения. Основным источником привнесения загрязнения компонентов окружающей среды тяжелыми металлами является ветровая привнос.

2. Горноперерабатывающие предприятия, к которым относится Оскольский электрометаллургический комбинат, являются ведущими источниками загрязнения. В частности, металлургическое производство стало причиной формирования стойкой эколого-геохимической аномалии по кобальту в почвах Обуховского сельского поселения, располагающегося на контакте с объектами предприятия. Расстояние до границ Стойленского карьера составляет 20 км. Превышение коэффициентов концентрации кобальта в почвах составляет 10–18 единиц.

3. Новоуколовское сельское поселение располагается в пределах пологоволнистой равнины, отличающейся эрозионно-денудационным рельефом. Меловые отложения залегают в непосредственной близости от поверхности (около 1 м), что является причиной щелочной реакции почв и грунтов. Анализ распределения стронция и бария по разрезу выявил следующие закономерности: почвы и грунты имеют щелочную реакцию; по глубине наблюдается пропорциональное уменьшение концентраций стронция до величины 100 мг/кг; барий имеет тенденцию концентрироваться в почвенном разрезе, его содержание возрастает с

глубиной до 500 мг/кг.

4. Высокие уровни токсичности стронция и бария, а также их способность к активной миграции снижают комфортность среды обитания в исследуемом Новоуколовском сельском поселении. При аэрогенном поступлении и поступлении через желудочно-кишечный тракт, стронций и барий формируют взаимозамещаемость соответственно кальция и калия, что является причиной возникновения специфических заболеваний. Исходя из данных обстоятельств, зона влияния Губкинско-Старооскольского горнопромышленного комплекса должна стать территорией внедрения комплекса реновационных мероприятий в пределах сельских поселений, среди которых большой интерес представляет фиторемедиация.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Weather archive.ru [Электронный ресурс] URL: <https://weatherarchive.ru/?ysclid=lpfgonkks828811103> (дата обращения 15.08.2023).
2. Геология, гидрогеология и железные руды бассейна Курской магнитной аномалии, т. 1. Геология. Кн. 2. Осадочный комплекс. Под ред. Д. Н. Утехина. М.: Недра, 1972. 360 с.
3. Экологическая геология крупных горнодобывающих районов Северной Евразии (теория и практика). Под ред. И. И. Косиновой. Воронеж: изд-во Воронеж. ун-та, 2014. 575 с.
4. Budarina V. A., Lisetsky F. N., Kosinova I. I. Transformation of ecological-resource and ecological-geochemical functions of the lithosphere within the Sary Oskol–Gubkin mining district of the Kursk Magnetic Anomaly // *GORNYI ZHURNAL*. 2022. No. 11. P. 57–62. DOI: 10.17580/gzh.2022.11.09.
5. Воронкевич С. Д. Основы технической мелиорации грунтов. М.: «Научный мир», 2005. 498 с.
6. Галкин А. Н. Методологические основы инженерно-геологического обоснования управления литотехническими системами // *Инженерная геология*. 2012. № 2. С. 63–72.
7. Василенко И. Я., Василенко О. И. Стронций радиоактивный // *Энергия: экономика, техника, экология*. 2002. № 4. С. 26–32.
8. Королёв В. А. Экологическая геокибернетика: Теория управления эколого-геологическими системами. М.: ООО Сам Полиграфист, 2020. 440 с.

Features of soil contamination of rural settlements in the central part of the Belgorod region with heavy metals

©2023 V. A. Budarina¹, I. M. Ignatenko², I. I. Kosinova¹✉

¹*Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, 394018, Voronezh, Russian Federation*

²*Belgorod State National Research University, Pobedy str., 85, 308015, Belgorod, Russian Federation*

Abstract

Introduction: The Belgorod region is one of the most favourable regions of Russia in terms of all natural indicators. It is distinguished by a diverse and comfortable climate, highly productive soils, rich surface and groundwater, and a diverse flora and fauna. In addition to the indicated factors, the Belgorod region includes a complex of the largest deposits of ore and non-metallic minerals. These circumstances became the basis for the dense development of the territory of the Belgorod region by the population, the number of residents is 55.82 people/km². The contradiction that arose between favourable natural conditions and the powerful technogenic mining complex determined the relevance of the considered problem.

The purpose of the study: An analysis of soil contamination of rural settlements located in various areas of the Belgorod region with heavy metals.

Methodology: The methods included field work on the selection of soils and sediments of the aeration zone along a uniform network; preparation and analysis of samples using MAKS-GVM spectroscan; calculation of concentration coefficients of leading pollutant elements; determination of patterns of their distribution over area and section.

Results: Metallurgical production caused the formation of a persistent ecological-geochemical anomaly for cobalt in the soils of the Obukhovskiy rural settlement, located in contact with the enterprise's facilities. The excess of cobalt concentration coefficients in soils was 10–18 units. Within the Novoukolovskiy rural settlement, located 60 km from the main sources of pollution, an excess of strontium and barium was detected: the soils and ground had an alkaline reaction; with depth, a proportional decrease in strontium concentrations was observed; barium tended to concentrate in the soil section, its content increased with depth.

Keywords: rural settlements, pollution, mining complex, heavy metals, cobalt, strontium, barium, patterns.

For citation: 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 –Proceedings of Voronezh State University. Series: Geology*, 2023, no. 4, pp. 113–121. DOI: <https://doi.org/10.17308/geology/1609-0691/2023/4/113–121>

Conflict of interests: The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

REFERENCES

1. Weather archive.ru Available at: <https://weatherarchive.ru/?ysclid=lpfgonkxss828811103> (accessed 15.08.2023) (in Russ.)
2. *Geologiya, gidrogeologiya i zheleznye rudy bassejna Kurskoj magnetnoj anomalii, t. 1. Geologiya. Kn. 2. Osadochnyj kompleks.* Pod red. D. N. Utekhina [Geology, Hydrogeology and Iron Ores of the Kursk Magnetic Anomaly Basin, vol. 1. Geology. I. 2. Sedimentary complex. Ed. D. N. Utekhin]. Moscow, Nedra publ., 1972, 360 p. (In Russ.)



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

✉ Irina I. Kosinova, e-mail: kosinova777@yandex.ru

3. *Jekologičeskaja geologija krupnyh gornodobyvajushhih rajonov Severnoj Evrazii (teorija i praktika)* [Ecological geology of large mining areas of Northern Eurasia (theory and practice)]. Ed. I. I. Kosinova. Voronezh: VSU publ., 2014, 575 p. (In Russ.)
4. Budarina V. A., Lisetsky F. N., Kosinova I. I. Transformation of ecological-resource and ecological-geochemical functions of the lithosphere within the Sary Oskol–Gubkin mining district of the Kursk Magnetic Anomaly // *GORNYI ZHURNAL*, 2022, no. 11, pp. 57–62. DOI: 10.17580/gzh.2022.11.09.
5. Voronkevich S. D. *Osnovy tehničkoj melioracii gruntov* [Fundamentals of technical soil reclamation]. Moscow, "Scientific world" publ., 2005, 498 p. (In Russ.)
6. Galkin A. N. Metodologičeskie osnovy inženerno-geologičeskogo obosnovanija upravlenija litotehničeskimi sistemami [Methodological foundations of engineering-geological substantiation of lithotechnical systems management]. *Inženernaja geologija – Engineering Geology*, 2012, no. 2. pp. 63–72 (In Russ.)
7. Vasilenko I. Ja., Vasilenko O. I. Stroncij radioaktivnyj [Strontium radioactive]. *Jenergija: jekonomika, tehnika, jekologija – Energy: Economics, Technology, Ecology*, 2002, no. 4, pp. 26–32 (In Russ.)
8. Koroljov V. A. *Jekologičeskaja geokibernetika: Teorija upravlenija jekologo-geologičeskimi sistemami* [Ecological Geocybernetics: Theory of Management of Ecological and Geological Systems]. Moscow, Sam Poligrafist LLC publ., 2020, 440 p. (In Russ.)

Бударина Виктория Александровна, к.ю.н., доцент, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация; e-mail: budarinav@yandex.ru; ORCID 0000-0001-8091-0730

Игнатенко Игнат Михайлович, к. т. н., доцент, директор института наук о Земле Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, Российская Федерация; e-mail: ignatenko_i@bsu.edu.ru; ORCID 0000-0002-9676-5774

Косинова Ирина Ивановна, д.г.-м.н., профессор, Воронежский государственный университет, Воронеж, Российская Федерация; e-mail: kosinova777@yandex.ru; ORCID 0000-0002-5439-5197

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Victory A. Budarina, PhD in Law, Associate Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation; e-mail: budarinav@yandex.ru; ORCID 0000-0001-8091-0730

Ignat M. Ignatenko, PhD of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Earth Sciences of the Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education «Belgorod National Research University», Belgorod, Russian Federation; e-mail: ignatenko_i@bsu.edu.ru; ORCID 0000-0002-9676-5774

Irina I. Kosinova, Dr. habil in Geol.-Min., Professor, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation; e-mail: kosinova777@yandex.ru; ORCID 0000-0002-5439-5197

Authors have read and approved the final manuscript.