

УДК 502.64(470.325)
DOI 10.17513/use.38145

ФОНОВЫЕ ПОЧВЕННО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СТАРООСКОЛЬСКО-ГУБКИНСКОМ ГОРНОПРОМЫШЛЕННОМ РАЙОНЕ КУРСКОЙ МАГНИТНОЙ АНОМАЛИИ

Корнилов А.Г., Чендев Ю.Г., Дорошенко М.В.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: kornilov@bsu.edu.ru, chendev@bsu.edu.ru, 1095166@bsu.edu.ru

Проведены почвенные и почвенно-геохимические исследования в Чернянском районе Белгородской области на участке отдаленного воздействия горнодобывающих предприятий на ландшафты. Исследование почв производилось с помощью метода почвенных катен на облесенных балочных и водораздельных склонах урочища Большая Поляна по линии профиля протяженностью 1600 м. Приведено описание 14 почвенных профилей, изученных в характерных точках почвенных катен. Выполнен статистический анализ параметров распределения выявленных загрязняющих веществ как вдоль линии продольного геоэкологического профиля (по мере удаления от горно-обогатительного предприятия), так и в разрезе пространственного варьирования свойств в идентичных почвенных горизонтах по точкам исследования почвенных профилей. Показано, что функция геохимического барьера в отношении атмогеохимических потоков загрязняющих веществ (V, Zn, Cu, Pb) прослеживается в лесном массиве на 200–600 м. Выявлено значимое преобладание концентраций специфического ряда металлоплютантов (Zn, Cr, Ni, Cu, Pb) на геохимическом барьере северного крыла профиля, что свидетельствует об отдаленном умеренном воздействии источника загрязнения (АО «Стойленский ГОК»), расположенного в 8 км к северу от урочища Большая Поляна. Установлены фоновые значения содержания тяжелых металлов и иных микроэлементов для облесенных балочных склонов на периферии района размещения АО «Стойленский ГОК», которые, как правило, несколько ниже фоновых показателей, определенных для Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района в отношении пахотных угодий.

Ключевые слова: геоэкология, балочные почвы, почвенные геохимические профили, фоновое загрязнение, Старооскольско-Губкинский горнопромышленный район, КМА

BACKGROUND SOIL-GEOCHEMICAL STUDIES IN THE STAROOSKOLSKO-GUBKINSKY MINING DISTRICT OF KURSK MAGNETIC ANOMALY

Kornilov A.G., Chendev Yu.G., Doroshenko M.V.

Belgorod State University, Belgorod,
e-mail: kornilov@bsu.edu.ru, chendev@bsu.edu.ru, 1095166@bsu.edu.ru

Soil and soil-geochemical studies were conducted in the Chernyansky district of the Belgorod region in the area of the remote impact of mining enterprises on landscapes. The soil study was carried out using the soil catena method on the forested gullies and watershed slopes of the Bolshaya Polyana tract along a profile line with a length of 1600 meters. A description of 14 soil profiles, studied at soil catenas characteristic points, is given. A statistical analysis of the identified pollutants distribution parameters was conducted both along the line of the longitudinal geoecological profile (with increasing distance from the mining enterprise), and in the context of spatial variation of properties in identical soil horizons at the study points of soil profiles. It is shown that the function of the geochemical barrier in relation to the atmospheric geochemical flows of pollutants (V, Zn, Cu, Pb) can be traced in the forest at 200–600 m. A significant predominance of concentrations of a metal pollutants specific series (Zn, Cr, Ni, Cu, Pb) on the geochemical barrier of the northern wing of the profile was revealed, which indicates a remote moderate impact of the pollution source (JSC «Stoilensky GOK»), located 8 km north of the Bolshaya Polyana tract. Background values for the content of heavy metals and other microelements have been established for forested gullies on the periphery of JSC «Stoilensky GOK» location area, which are somewhat lower than the background values determined for the Starooskolsko-Gubkinsky mining region in relation to arable land.

Keywords: geoecology, gullies, soil geochemical profiles, background pollution, Starooskolsko-Gubkinsky mining region, KMA

Горнодобывающая деятельность в регионе КМА сосредоточена в Курской и Белгородской областях. Широкомасштабные потребности существующих и перспективных горно-обогатительных комбинатов в земельных ресурсах вступают в конфликт с иными видами природопользования, в первую очередь сельскохозяйственного

в связи с размещением предприятий на территориях плодородных черноземов и серых лесных почв. Особенно это актуально для Белгородской области, где помимо двух крупных существующих ГОКов (Лебединский, Стойленский), разрабатываются проекты по освоению еще двух перспективных месторождений железных руд [1–3].

Старооскольско-Губкинский горнопромышленный район расположен в лесостепной зоне, на южных склонах Среднерусской возвышенности в бассейне реки Оскол преимущественно в междуречье правых притоков р. Оскол: р. Осколец и р. Орлик. Рельеф территории относится к водно-эрозионному типу (разность высот до 123 м). Район в пределах зоны активного влияния промышленной и сопутствующей деятельности занимает ориентировочно 2000 км², в том числе загородные промышленные площадки, карьеры, отвалы горных пород охватывают площадь около 180 км² [4, 5]. Проекты расширения горнодобывающей деятельности на территории Белгородской области потенциально приведут к удвоению площадей нарушенных территорий. В этой связи задачи обеспечения устойчивого развития регионов предполагают помимо прочего необходимость проведения постоянного разнопланового мониторинга экологически значимых параметров окружающей среды, особенно фоновых почвенно-геохимических исследований, которые в дальнейшем могут стать основой для оценки темпов трансформации природной среды и прогнозов геоэкологической ситуации в регионе [6].

Обзор научной литературы за последние 20 лет показывает, что почвенно-геохимические исследования Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района проводились с достаточной регулярностью в связи с ежегодными проектами строительства, реконструкции и расширения действующих ГОКов, подготовкой к эксплуатации новых месторождений (Чернянское и др.) [7–9]. Вместе с тем параметры районного фона практически не исследовались, и толь-

ко в одной работе были определены показатели районного фона, но лишь по одному из основных профилей розы ветров относительно АО «Лебединский ГОК», в основном по совокупности пробных площадей на плакорном типе местности на пахотных угодьях [10, 11]. В серии исследовательских работ, посвященных данной тематике, были даны оценки прямого и косвенного воздействия горнодобывающей промышленности на геохимическое состояние почв и отмечалось, что влияние этих предприятий прослеживается на расстоянии до 5–8 км от источников выбросов веществ. С учетом сказанного целью исследования является изучение фоновых характеристик геохимической ситуации в Старооскольско-Губкинском горнопромышленном районе на профиле, проложенном поперек балки в урочище Большая Поляна на расстоянии 8–10 км от АО «Стойленский ГОК».

Материалы и методы исследования

Исследование почв производилось с помощью метода почвенных катен в месте полной облесенности балочных и водораздельных склонов исследуемого урочища. Линия продольного почвенного профиля представлена на рис. 1. Общая длина профиля – 1600 м.

Профиль начинается на очень пологом водораздельном склоне северной экспозиции, затем переходит в покатый водораздельный и крутой балочный склоны, пересекает корытообразное днище балки, а затем пересекает все элементы балочного и водораздельного склонов южной экспозиции. Вдоль линии профиля было заложено 14 почвенных разрезов (рис. 2).



Рис. 1. Схема расположения изучаемого профиля относительно промплощадки Стойленского ГОКа

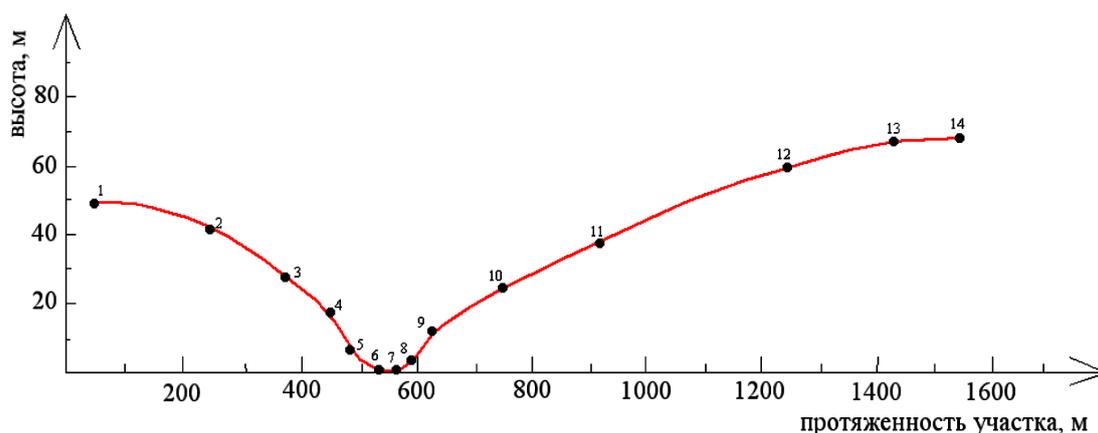


Рис. 2. Расположение пунктов отбора (почвенных разрезков) по профилю балки и прилегающих к ней водораздельных склонов

Для каждого пункта наблюдения были даны геоботанические описания мест заложения почвенных разрезков, детально охарактеризованы почвенные профили, отобраны почвенные образцы для лабораторного анализа содержания в почвах макро- и микроэлементов. Вдоль линии продольного почвенного профиля с юга на север происходит смена угодий «лес – сенокос – лес». Луговая растительность на сенокосном угодье распространена в днище балки. Название урочища отражает длительный период существования безлесного участка в днище балки (в виде вытянутой поляны). Однако наличие на поляне участков, занятых естественными дубовыми насаждениями (редкодубом), позволяет предполагать исходную полную облесенность днища балки.

Ниже приводится характеристика элементов мезоформ рельефа, растительности и строения почвенных профилей в каждой точке продольного почвенного профиля. Описание точек профиля ведется с юга на север.

П. 1. Расположен в 30 м севернее опушки леса на пологом водораздельном склоне северной экспозиции крутизной 3°. Лес с густым подростом, растительная ассоциация – липово-кленовый лес с примесью осины разнотравно-снытевый. Почва темно-серая лесная среднесуглинистая на карбонатном тяжелом лессовидном суглинке. Генетические горизонты почвенного профиля: Ao (0–3 см) – A1 (3–17 см) – A1A2 (17–31 см) – A1A2Bh (31–53 см) – A2Bt (53–71 см) – Bt1 (71–90 см) – Bt2 (90–113 см) – BC_{Ca} (113–130 см и глубже). Вскипание почвы наблюдается с глубины 115 см.

П. 2. Расположен в 190 м севернее п. 1 на пологом, близком к покатому водораздельном склоне северной экспозиции крутизной 4–5°. Лес с густым подростом, растительная ассоциация – кленово-ясеневый лес с примесью дикой яблони разнотравно-звездчатковый. Почва темно-серая лесная среднесуглинистая на карбонатном тяжелом лессовидном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–1 см) – A1 (1–18 см) – A1A2 (18–27 см) – A1A2Bh (27–38 см) – A2Bt (38–62 см) – Bt1 (62–85 см) – Bt2 (85–120 см) – BC_{Ca} (120–140 см и глубже). Вскипание с глубины 130 см.

П. 3. Расположен в 150 м севернее п. 2 на покатом водораздельном склоне северной экспозиции крутизной 5–6°. Лес с густым подростом, растительная ассоциация – ильмово-кленовый разнотравно-осоко-снытевый лес. Почва темно-серая лесная среднесуглинистая на карбонатном тяжелом лессовидном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–3 см) – A1 (3–18 см) – A1A2 (18–35 см) – A1A2Bh (35–48 см) – A2Bt (48–67 см) – Bt1 (67–93 см) – Bt2 (93–124 см) – BC_{Ca} (124–130 см и глубже). Вскипание с глубины 125 см.

П. 4. Расположен в 60 м севернее п. 3 на крутом балочном склоне северной экспозиции крутизной 10–15°. Растительная ассоциация – дубово-кленовый с примесью ильма и дикой яблони разнотравно-папоротниково-звездчатковый лес. Почва серая лесная слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном тяжелом делювиальном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–2 см) – A1 (2–12 см) – A1A2 (12–22 см) – A1A2Bh (22–37 см) – A2Bt (37–54 см) – Bt1 (54–84 см) –

Bt2 (84–105 см) – Bt3 (105–150 см) – BC_{Ca} (150–160 см и глубже). Вскипание почвы наблюдается с глубины 153 см.

П. 5. Расположен в 40 м севернее п. 4 в основании сильнопокатоного балочного склона северной экспозиции крутизной 9–10°. Растительная ассоциация дубово-кленовый с примесью липы и дикой яблони разнотравно-звездчатково-снытевый лес. Почва темно-серая лесная слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном тяжелом делювиальном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–2 см) – A1 (2–24 см) – A1A2 (24–42 см) – A1A2Bh (42–51 см) – A2Bt (51–62 см) – Bt1 (62–69 см) – Bt2 (69–90 см) – BC_{Ca} (90–155 см и глубже). Вскипание почвы наблюдается местами с глубины 82 см, повсеместное – с глубины 105 см.

П. 6. Расположен в 60 м севернее п. 5 на покатоном основании балочного склона северной экспозиции крутизной 6°. Растительная ассоциация дубово-кленовый с примесью дикой яблони разнотравно-звездчатково-снытевый лес. Почва чернозем выщелоченный среднемощный среднесуглинистый на карбонатном тяжелом делювиальном суглинке с примесью мело-мергельного коллювия. Почвенный профиль: Ao (0–3 см) – A1^I (3–24 см) – A1^{II} (24–39 см) – A1B (39–60 см) – B_{Ca} (60–78 см) – BC_{Ca} (78–133 см и глубже). Вскипание почвы наблюдается с глубины 64 см.

П. 7. Расположен в 55 м севернее п. 6 в центральной части днища балки. Угодье – сенокос. Растительная ассоциация – разнотравно-мятликово-кострецовый (разнотравно-злаковый) луг. Почва луговая карбонатная неполноразвитая среднесуглинистая на тяжелосуглинистом карбонатном слоестом пролювии. Почвенный профиль: Ad (0–6 см) – A1_{Ca} (6–19 см) – A1B_{Ca} (19–31 см) – BA1_{Ca} (31–47 см) – [A1_{Ca}] (47–60 см) – [A1B_{Ca}] (60–85 см) – [BC_{Ca}] (85–150 см). Вскипание почвы начинается с поверхности. Книзу интенсивность вскипания усиливается.

П. 8. Расположен в 40 м севернее п. 7 на основании сильнопокатоного балочного склона южной экспозиции крутизной 7–8°. Растительная ассоциация кленово-дубовый с примесью липы разнотравно-звездчатково-снытевый лес. Почва чернозем типичный карбонатный среднемощный среднесуглинистый на карбонатном среднем делювиальном суглинке с примесью мело-мергельного коллювия. Почвенный профиль Ao (0–4 см) – A1^I_{Ca} (4–24 см) – A1^{II}_{Ca} (24–43 см) – A1B_{Ca} (43–62 см) – B_{Ca} (62–87 см) – BC_{Ca} (87–145 см). Слабое вскипа-

ние наблюдается с поверхности. С глубиной интенсивность вскипания усиливается.

П. 9. Расположен в 30 м севернее п. 8 на верхней части крутого балочного склона южной экспозиции крутизной 15–20°. Растительная ассоциация кленово-дубовый с примесью липы разнотравно-осоковый лес. Почва серая лесная слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном среднем делювиальном суглинке с примесью мело-мергельного коллювия. Почвенный профиль Ao (0–3 см) – A1 (3–14 см) – A1A2 (14–32 см) – A1A2Bh (32–55 см) – Bt1 (55–88 см) – Bt2 (88–105(120) см) – BC_{Ca} (105(120)–135 см). Вскипание наблюдается с глубины 114 см, а местами – со 125 см.

П. 10. Расположен в 120 м севернее п. 9 на верхней пологой части балочного склона южной экспозиции крутизной 3°. Растительная ассоциация кленово-дубовый злаково-разнотравно-звездчатковый лес. Почва темно-серая лесная слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном желтовато-зеленом делювиальном суглинке с примесью мело-мергельного коллювия. Почвенный профиль Ao (0–3 см) – A1 (3–15 см) – A1B (15–31 см) – Bt1 (31–46 см) – Bt2 (46–66 см) – Bt3 (66–89 см) – BC_{Ca} (89–125 см). Фрагментарное вскипание наблюдается с глубины 90 см, повсеместное – с глубины 107 см.

П. 11. Расположен в 170 м севернее п. 10 на покатоном водораздельном склоне южной экспозиции крутизной 5–6° в месте перегиба с более выположенным выщележащим склоновым участком. Растительная ассоциация: кленово-дубовый с примесью ясени разнотравно-звездчатковый лес. Почва темно-серая лесная слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном тяжелом лессовидном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–2 см) – A1 (2–18 см) – A1A2 (18–30 см) – A1A2B (30–50 см) – A2Bt (50–60 см) – Bt1 (60–80 см) – Bt2 (80–90 см) – BC_{Ca} (90–130 см и глубже). Вскипание почвы наблюдается с глубины 90 см.

П. 12. Расположен в 320 м севернее точки 11 на покатоном водораздельном склоне южной экспозиции крутизной 5°. Растительная ассоциация: ясенево-дубовый с примесью клена злаково-звездчатковый лес. Почва темно-серая лесная слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном тяжелом лессовидном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–2 см) – A1^I (2–17 см) – A1^{II} (17–28 см) – A1A2B (28–40 см) – A2Bt (40–61 см) – Bt (61–87 см) – BC_{Ca} (87–120 см). Фрагментарное вскипание наблюдается с глубины 90 см, повсеместное – с глубины 107 см.

П. 13. Расположен в 180 м севернее п. 12 на пологом водораздельном склоне южной экспозиции крутизной 2–3°. Растительная ассоциация: кленово-дубовый с примесью ясеня разнотравно-копытневый лес. Почва темно-серая лесная слабосмытая среднесуглинистая на карбонатном тяжелом лессовидном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–2 см) – A1 (2–19 см) – A1A2 (19–37 см) – A2Bt (37–65 см) – Bt1 (65–89 см) – BC_{ca} (85–130 см и глубже). Вскипание почвы наблюдается с глубины 89 см.

П. 14. Расположен в 120 м севернее п. 13 и в 60 м к югу от опушки леса на границе ровного водораздела и водораздельного склона южной экспозиции крутизной не более 2°. Растительная ассоциация: Дубово-кленовый с примесью ясеня разнотравно-подмаренниковый лес. Почва темно-серая лесная среднесуглинистая на карбонатном тяжелом лессовидном суглинке. Почвенный профиль: Ao (0–2 см) – A1 (2–26 см) – A1A2 (26–40 см) – A1A2B (28–43 см) – A2Bt (43–68 см) – Bt1 (61–90 см) – Bt2 (90–106 см) – BC_{ca} (106–124 см). Фрагментарное вскипание наблюдается с глубины 106 см. Книзу интенсивность вскипания возрастает.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ приводимых выше описаний почвенных профилей позволяет сделать вывод о том, что господствующую площадь на территории урочища занимают темно-серые лесные почвы (встречены в 9 точках из 14). Подтип серых лесных почв с более мощной зоной элювиального осветления распространен на крутых балочных склонах. Черноземы выщелоченные и типичные распространены в самых нижних частях балочных склонов, переходящих в днище балки. В днище балки формируются луговые неполноразвитые почвы.

На морфогенетические свойства изученных почв экспозиционная контрастность повлияла слабо. На склонах теневой (северной) экспозиции наблюдается повышенная (в среднем на 30 см) выщелоченность почвенных профилей от карбонатов и незначительное увеличение мощности гумусовых профилей по сравнению с позиционными аналогами на склоне инсолируемой (южной) экспозиции (в первом случае – 45 см, во втором случае – 40 см).

Геохимические характеристики почвенных сопряжений урочища Большая Поляна. Густонаселенная староосвоенная территория Белгородской области издавна испыты-

тывает высокую антропогенную нагрузку. В частности, изучаемый небольшой лесной участок урочища Большая Поляна долгое время тесно граничит с пашней на прилегающих плакорных участках, имеет следы интенсивных рубок, в течение нескольких десятков лет подвергается отдаленному и слабому атмосферическому загрязнению со стороны расположенного в 8 км предприятия горнопромышленного комплекса (рис. 1).

Почвенные образцы на геохимическое обследование отбирались на четырех уровнях: 1) Ao-A1; 2) A1A2; 3) A2B; 4) Bt (индексация почвенных горизонтов в связи с некоторыми отличиями индексов на склонах северной и южной экспозиций условна).

Для элементов Be, Cd, Co, As, Ni, Pb, Se, Sb, Cr, Cu, Mo, Zr, Zn, Sr, S рассматривались значения валового содержания. Для V, Mn, Fe, Ba и Al – значения подвижных форм. Дополнительно определялась радиационная безопасность почвы по показателю удельной эффективной активности радионуклидов почв – Аэфф.

По результатам опробования были построены графики содержания определяемых элементов, а также рассчитаны коэффициенты попарных корреляций показателей содержания как одного и того же элемента в разных почвенных горизонтах, так и между различными элементами. Теснота связи показателей содержания каждого элемента для разных почвенных горизонтов приведена ниже схематически, приводится символ элемента, а затем, последовательно, значения коэффициента корреляции между 1 и 2 горизонтом, 2 и 3 горизонтом, 3 и 4 горизонтом:

Аэфф – 0,41/0,7/0,39;
 Be – 0,8/не опр.; Cd – 0,67/0,81/0,82;
 Co – 0,62/0,11/0,12; Ni – 0,87/0,66/0,34;
 Pb – 0,89/0,78/0,95; Se – 0,97/0,82/0,77;
 Sb – 0,83/0,74/0,51; Cr – 0,93/0,84/0,53;
 Cu – 0,99/0,71/0,91; Mo – 0,94/0,73/0,62;
 Zr – 0,49/0,71/0,17; Zn – 0,96/0,74/0,98;
 Sr – 0,55/0,39/-0,11; S – 0,23/0,40/0,56;

Подвижные формы:
 V – 0,92/0,98/0,5; Mn – 0,1/0,15/0,27;
 Fe – 0,70/0,52/0,88; Ba – 0,49/0,44/0,37;
 Al – 0,88/0,68/-0,23.

Расчет критерия существенности *t*r для выборки из 14 пунктов опробования определяет достоверность результатов на уровне 95 % для модуля показателей корреляции *r* больших или равных 0,53.

Большинство исследованных элементов характеризуются достаточно высокой взаимозависимостью концентраций в смежных почвенных горизонтах, хотя, в силу разли-

чий в подвижности и биофильности, в ряде случаев подобной достоверной связи не выявлено. Чаще низкие показатели тесноты связи характерны для элементов, присутствующих в почве в достаточно большом (для микрокомпонента) количестве. Например, марганец при относительно высоком содержании подвижной формы на фоне многократно больших показателей валовых форм имеет в нейтральных и слабощелочных условиях низкую геохимическую подвижность, а будучи для растений микроэлементом, – незначительную долю биогенной миграции, что обуславливает статистическое отсутствие связи содержания его подвижной формы между почвенными горизонтами. Некоторые микроэлементы, характеризующиеся малым содержанием в почве и высокой биофильностью, а также более или менее высокой долей атмосферного поступления, характеризуются значительно большей теснотой связи соответствующих показателей для верхних горизонтов с ее значительным уменьшением в отношении нижних горизонтов (Co; Ni; Sb; Cr; Mo; Sr; V).

Многие элементы показывают устойчивый градиент роста концентраций вверх по почвенному профилю (Be, Cu, Ba, S и др.), хотя для ряда элементов наблюдаются более или менее локальные отклонения от данной закономерности: V – содержание во втором почвенном горизонте чаще выше, чем в первом; Cd, Pb, Zn – близкие значения содержания кадмия, свинца или цинка в разных горизонтах для каждого отдельного пункта наблюдения с переменным «лидерством» разных горизонтов для разных пунктов; Co – для ряда пунктов последова-

тельность иногда нарушается в отношении 2–3 или 3–4 горизонтов; Ni, Se, Sb, Cr – концентрации во втором почвенном горизонте чаще превышают таковые в первом; Mn, Mo – в основании склона южной экспозиции в двух пунктах резко выделяется (увеличено) содержание марганца и молибдена на уровне 4 почвенного горизонта.

На рис. 3–5 представлены диаграммы распределения металлов, которые могут выступать индикаторами атмосферического воздействия в отношении: ванадия со стороны пахотных угодий, расположенных южнее пункта 1, хрома со стороны горнодобывающего комплекса, расположенного в 8 км севернее пункта 14, свинца, источником выпадения которого выступают как интенсивное сельское хозяйство с юга, так и совокупное промышленное и сельскохозяйственное воздействие с севера.

Соответственно на графиках наблюдаются максимумы – индикаторы геохимических барьеров в пунктах 3–4 для ванадия и свинца в южной части профиля и в пунктах 11–12 в северной части профиля. Схожий характер имеет диаграмма распределения цинка и меди, с аналогичными максимумами и с южной и с северной стороны в пунктах 2, 11–12, и последующей сложной картиной перераспределения его содержания в направлении днища балки по профилю. Максимальные значения цинка наблюдаются на геохимическом барьере с северной стороны, что согласуется с ранее известными данными [8] о достаточно тесной связи выпадения соединений цинка с показателями выпадения взвешенных веществ вокруг горно-обогатительных комбинатов.

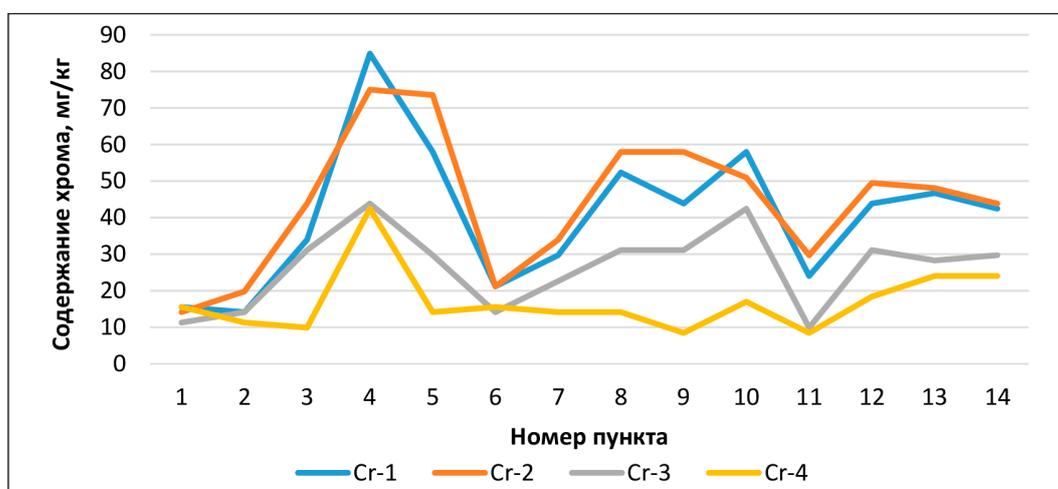


Рис. 3. Содержание хрома в почвенных горизонтах (Cr-1 – гор. А1; Cr-2 – гор. А1А2; Cr-3 – гор. А2В; Cr-4 – гор. Вt) по профилю урочища Большая Поляна (пункты наблюдения 1–14 на рис. 2)

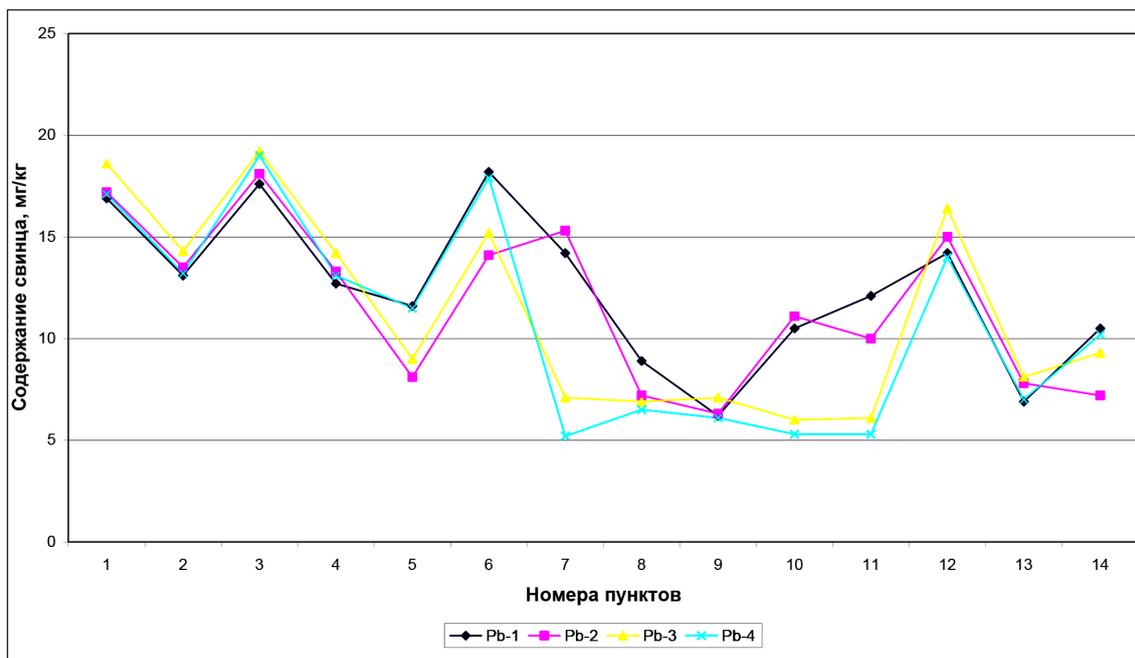


Рис. 4. Содержание свинца в почвенных горизонтах (1–4) по профилю в почвах урочища Большая Поляна (пункты наблюдения 1–14 на рис. 2)

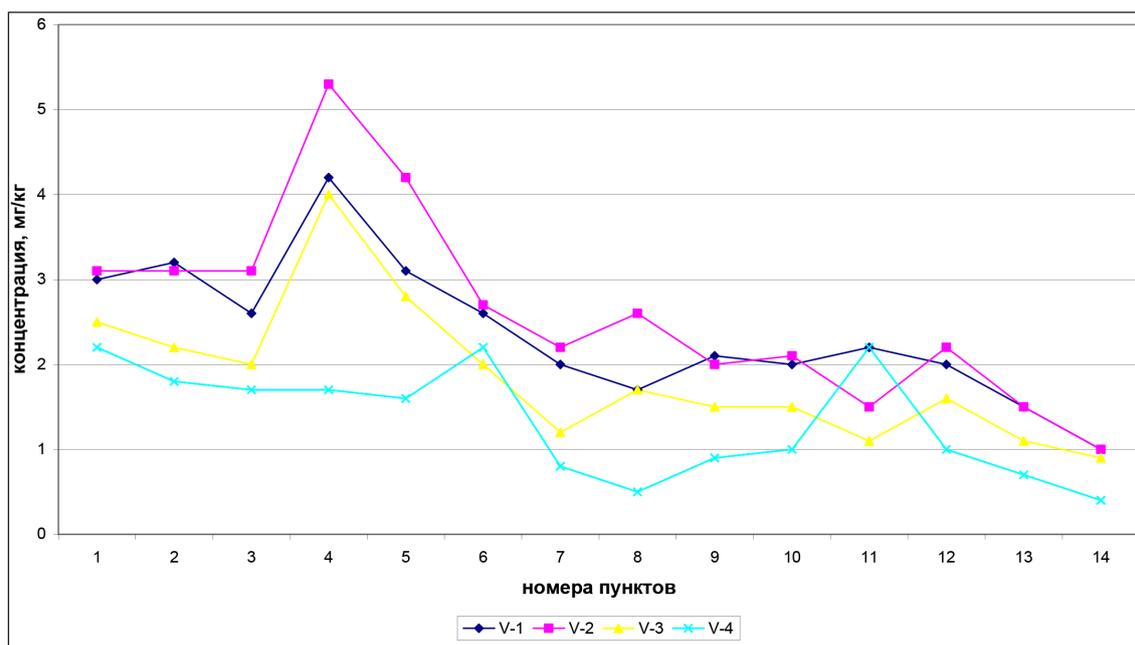


Рис. 5. Содержание ванадия в почвенных горизонтах (1–4) по профилю в почвах урочища Большая Поляна (пункты наблюдения 1–14 на рис. 2)

Анализ результатов попарной корреляции наблюдаемых химических элементов и почвенных условий показывает следующее.

По мере смещения пунктов отбора проб вниз к днищу балки с теснотой связи

от умеренной до средней увеличиваются показатели Аэфф, концентрации бериллия, серы, уменьшается концентрация никеля, что, с чуть большими коэффициентами, одновременно коррелирует и с показателями глубины залегания границы вскипания.

Средние значения содержания химических элементов
в исследованных почвенных горизонтах
(для радионуклидов – Бк/кг, для иных ингредиентов – мг/кг)

Элемент	Горизонт Ао-А1	Горизонт А1А2	Горизонт А2В	Горизонт Вt	Фон Губкинского заказника [11]
Cs-137	1,59	0,92	8,39	2,85	
K-40	391,71	328,80	467,04	357,25	
Ra-	48,81	54,25	57,31	54,2	
Th	33,37	16,8	23,04	19,92	
Аэфф	124,32	113,04	115,86	108,66	
Be	0,60	0,41	0,14	0,05	2.6
V*	2,37	2,61	1,86	1,34	0.5
Cd	0,57	0,61	0,65	0,56	0.5
Co	3,26	2,42	2,14	1,99	4
As	0,25	0,11	0,00	0,03	6
Ni	46,00	48,25	34,25	23,50	55
Pb	12,40	11,73	11,25	10,81	11
Cr	40,61	44,29	26,46	16,98	75
Cu	42,53	39,83	29,76	22,28	45
Zn	18,91	18,87	15,67	14,60	52
Fe*	57,28	55,34	49,49	53,84	16
Ba*	18,56	15,96	14,34	12,68	17
Sr	82,42	71,88	72,97	64,21	97
Al*	46,18	43,98	47,92	44,04	45
S	30,47	26,60	21,41	15,84	

Примечание: * – подвижные формы.

Высокую тесноту связи демонстрируют показатели ванадия (в целом концентрации снижаются) по мере смещения пунктов наблюдения к северу (для разных почвенных горизонтов «г» равно соответственно -0,80, -0,75, -0,71, -0,64). Те же тенденции снижения концентраций с юга на север, но меньшая теснота связи для свинца ($r = -0,58, -0,60, -0,59, -0,59$) и железа ($r = -0,75, -0,35, -0,54, -0,32$); сурьмы ($r = -0,46, -0,56, -0,33, -0,39$) и молибдена ($r = -0,32, -0,43, -0,56, -0,67$).

Удельная эффективная активность радионуклидов почв Аэфф показала достаточно умеренную зависимость от определявшихся в исследовании показателей содержания радионуклидов, например для ^{40}K послойно, начиная с первого почвенного горизонта «г» составило 0,54; 0,69; 0,37; 0,57; для ^{226}Ra более-менее значимая величина 0,57 наблюдалась для четвертого почвенного горизонта, для ^{232}Th – для первого ($r = 0,51$) и четвертого ($r = 0,65$). Достаточно тесная зависимость Аэфф выявлена в отношении содержания такого не радиоактивного ком-

понента как стронций ($r = 0,38; 0,63; 0,71; 0,89$), который в свою очередь в разных почвенных горизонтах коррелирует с разными радиоактивными компонентами: ^{40}K во втором и в третьем (0,63; 0,50); ^{226}Ra в четвертом (0,73); ^{232}Th в четвертом (0,56).

Статистический анализ взаимозависимостей содержания разных химических элементов в почвах показывает наличие более или менее тесных связей. Далее, последовательно, начиная с первого, приводятся значения показателей «г» для всех горизонтов опробования. Ванадий-свинец: 0,43; 0,34; 0,49; 0,58. Ванадий-марганец: 0,85; 0,00; 0,21; 0,02. Кадмий-свинец: 0,30; 0,58; 0,45; 0,29. Кобальт-цинк: 0,61; 0,22; -0,15; 0,40. Кобальт-барий: 0,44; 0,70; 0,22; -0,13. Кобальт-стронций: 0,55; 0,48; 0,29; -0,15. Никель-хром: 0,32; 0,47; 0,52; 0,45. Никель-марганец: -0,05; 0,20; -0,64; -0,62. Никель-медь: 0,43; 0,50; 0,13; 0,32. Никель-железо: 0,19; 0,46; -0,31; 0,67. Никель-сера: -0,57; -0,48; -0,53; 0,34. Свинец-железо: 0,84; 0,69; 0,67; 0,20. Селен-сурьма: 0,61; 0,48; 0,21;

-0,09. Селен-хром: 0,64; 0,57; 0,59; 0,67. Селен-медь: 0,62; 0,55; 0,54; -0,09. Селен-молибден: 0,55; 0,51; 0,16; 0,06. Селен-цинк: 0,78; 0,72; 0,31; 0,38. Селен-алюминий: 0,42; 0,65; 0,20; 0,03. Сурьма-медь: 0,48; 0,34; 0,53; 0,50. Сурьма-молибден: 0,45; 0,61; 0,44; -0,29. Сурьма-цинк: 0,43; 0,26; 0,55; 0,13. Сурьма-алюминий: 0,40; 0,56; 0,21; -0,36. Хром-марганец: 0,37; -0,18; -0,63; -0,34. Хром-медь: 0,67; 0,53; 0,35; 0,14. Хром-молибден: 0,76; 0,67; 0,38; 0,36. Хром-железо: 0,51; 0,50; -0,08; 0,05. Хром-алюминий: 0,64; 0,62; 0,36; 0,10. Хром-сера: -0,47; -0,31; -0,52; -0,10. Марганец-железо: 0,39; -0,30; -0,17; -0,70. Медь-молибден: 0,59; 0,46; 0,01; -0,21. Медь-цинк: 0,62; 0,66; 0,37; 0,34. Медь-алюминий: 0,79; 0,80; 0,27; 0,36. Молибден-железо: 0,46; 0,61; -0,02; -0,04. Молибден-алюминий: 0,37; 0,62; 0,37; -0,05. Цинк-стронций: 0,39; 0,52; 0,51; -0,02. Цинк-алюминий: 0,26; 0,56; 0,22; -0,11. Цинк-сера: 0,14; 0,24; 0,48; 0,43. Железо-алюминий: 0,16; 0,60; 0,35; -0,21. Стронций-сера: 0,80; 0,25; 0,31; 0,18.

Представленные выше соотношения в парах элементов демонстрируют тенденции снижения тесноты связи вниз по почвенному профилю или ее увеличения, что может в какой-то мере объясняться большим сходством в части либо биофильных тенденций и/или атмохимического поступления, либо тенденций формирования устойчивых минеральных комплексов (карбонатных или глиноземных).

В связи со значительной удаленностью исследуемого профиля от горнорудных предприятий Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района и, предположительно, слабым атмохимическим воздействием Стойленского ГОКа на урочище Большая Поляна, приведенные в таблице усредненные показатели содержания загрязняющих веществ предлагается считать районным фоном для соответствующих ландшафтов.

Выводы

1. Функция геохимического барьера в отношении атмохимических потоков загрязняющих веществ (V, Zn, Cu, Pb) прослеживается при ширине лесного массива 200–600 м.

2. Существенное преобладание концентраций специфического ряда металлополлютантов (Zn, Cr, Ni, Cu, Pb) на геохимическом барьере северного крыла профиля свидетельствует об отдаленном умеренном воздействии горнопромышленного района,

расположенного в 8 км к северу от урочища Большая Поляна.

3. Установлены фоновые значения содержания тяжелых металлов и иных микроэлементов для облесенных балочных склонов на периферии района размещения АО «Стойленский ГОК», которые, как правило, несколько ниже фоновых показателей, определенных для Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района в отношении пахотных угодий.

Список литературы

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации в 2019 году» под ред. Е.А. Киселева и др. М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2020. 493 с.
2. Петин А.Н. Геоэкологическая обстановка и проблемы рационального недропользования в железорудном бассейне КМА // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2007. № 6. С. 315–322.
3. Петин А.Н., Игнатенко И.М. Минерально-сырьевые ресурсы богатых железных руд Белгородского района Курской магнитной аномалии // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. 2016. Т. 37, № 25 (246). С. 138–142.
4. Фурманова Т.Н., Петина М.А., Петин А.Н., Белосова Л.И. Техногенная трансформация ландшафтов в зоне влияния активно разрабатываемых месторождений полезных ископаемых региона КМА // Успехи современного естествознания. 2016. № 11–2. С. 422–426.
5. Корнилов А.Г., Кичигин Е.В., Колмыков С.Н., Новых Л.Л., Дроздова Е.А., Петин А.Н., Присный А.В., Лазарев А.В., Колчанов А.Ф. Экологическая ситуация в районах размещения горнодобывающих предприятий региона Курской магнитной аномалии: монография. Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ», 2015. 157 с.
6. Криночкина О.К. Основы оценки потенциальной эколого-геохимической опасности от деятельности горнорудных предприятий в различных природных условиях // Недропользование XXI век. 2017. № 6 (69). С. 134–143.
7. Голик В.И., Полухин О.Н., Петин А.Н., Комащенко В.И. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА // Горный журнал. 2013. № 4. С. 91–94.
8. Гонеев И.А., Чепелев О.А., Голесов П.В. Общие закономерности распространения тяжелых металлов в почвах зоны влияния горнорудных предприятий КМА // Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета. 2011. Т. 1. № 3 (19). URL: <http://www.scientific-notes.ru/pdf/020-031.pdf> (дата обращения: 01.12.2021).
9. Котенко Е.А., Морозов В.Н., Кушнеренко В.К., Анисимов В.Н. Геоэкологические проблемы КМА и пути их решения // Горная промышленность. 2003. Март-Апрель. С. 12–15.
10. Корнилов А.Г., Вендина Т.Н., Колмыков С.Н., Корнилова Е.А. Современная эколого-геохимическая ситуация в районе Лебединского месторождения железистых кварцитов региона КМА // Горный журнал. 2021. № 7. С. 91–95.
11. Корнилов А.Г., Кичигин Е.В., Павлюк Я.В., Динькаева Г.Т., Корнилова Е.А., Дорошенко М.В., Усачев Д.В. Почвенно-геохимическая безопасность Старооскольско-Губкинского горнопромышленного района. Районный фон // Проблемы природопользования и экологическая ситуация в Европейской России и на сопредельных территориях: материалы IX Международной научной конференции (Белгород, 20–23 октября 2021 г.). Белгород: ИД «БелГУ» НИУ «БелГУ», 2022. С. 290–293.