

Техногенные ландшафтно-геохимические комплексы Блявинского медноколчеданного месторождения Оренбургской области

В. П. Петрищев¹ ✉, Г. А. Пономарева²

¹Оренбургский государственный университет, Российская Федерация
(460018, г. Оренбург, пр. Победы, 13)

²Институт степи УрО РАН, Оренбургский федеральный
исследовательский центр УрО РАН, Российская Федерация
(460000, г. Оренбург, ул. Пионерская 11)

Аннотация. Целью исследования является определение ландшафтно-геохимических особенностей карьерно-отвального комплекса Блявинского медноколчеданного месторождения, расположенного в Оренбургской части Южного Урала. Задачи исследования: оценка концентрации химических элементов в природно-техногенных компонентах (литогенной основе, водах карьера и растительности) техногеосистемы Блявинского месторождения; выявление ключевых закономерностей формирования геохимических фаций – ландшафтно-экспозиционной ярусности и парадинамических геополей.

Материалы и методы. Инструментальное определение химических элементов в образцах геохимических проб выполнено методом атомно-эмиссионного анализа.

Результаты и обсуждение. Итогом проведенных анализов стало определение 44 химических элементов методом атомной эмиссии. Приведена характеристика геохимических особенностей 3 выделенных ландшафтно-геохимических фаций техногенного происхождения: трансэлювиальной положительной на западном отвале (III), трансэлювиальной и локально аккумулятивной положительной на западном и южном отвалах (IV) и трансэлювиальной резкоотрицательной в карьере Блявинского месторождения (VII).

Заключение. Полученные результаты позволяют интерпретировать основные техногенные миграционные потоки.

Ключевые слова: техногенные ландшафты, геохимические фации, химические элементы, колчеданные месторождения.

Источник финансирования: Статья подготовлена при поддержке гранта РНФ № 23-27-10006 «Анализ формирования техногенных геосистем в результате разработки рудных месторождений в Оренбургской области в целях рационализации рекультивационных мероприятий».

Для цитирования: Петрищев В. П., Пономарева Г. А. Техногенные ландшафтно-геохимические комплексы Блявинского медноколчеданного месторождения Оренбургской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология, 2025, № 3, с. 13-19. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/13-19>

ВВЕДЕНИЕ

Техногенные геосистемы медноколчеданных месторождений как один из вариантов техногенных ландшафтов обладают одной важной особенностью, которая отличает их от техногеосистем нефтегазовых и соляных месторождений – в результате добычи формируются устойчивые геоморфологические мезоструктуры – отработанные и действующие рудные карьеры, комплексы отвалов, шламохранилищ [1, 6, 7]. За счет значительных гипсометрических градиентов, достигающих иногда более 1000 м, усиливаются все взаимодействия между компонентами системы. При этом в процесс образования ландшафта включается и сульфидная постройка палеовулкана, и все надрудные породы, а также и техногенные отходы.

При разработке медноколчеданных месторождений возникают самые разнообразные геохимические аномалии, которые приводят к возникновению ландшафтно-техногенных геосистем: гидрогеологические, гидрологические, геоморфологические, климатические, геохимические, гидрогеохимические, а также аномалии почв и растительных сообществ, которые формируют техноландшафтные катены [7-10].

В качестве объекта ландшафтно-геохимических процессов, охватывающих не только литогенный комплекс и карьерные воды, но и почвы, растительность, воздушную среду, техногеосистемы Южного Урала исследованы недостаточно полно, что, на наш взгляд, препятствует системности их рекультивации. Ведущим ландшафтообразующим фактором техногеоси-

© Петрищев В. П., Пономарева Г. А., 2025.

✉ Петрищев Вадим Павлович, e-mail: wadpetr@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

стем медноколчеданных месторождений является техногенная миграция химических элементов, в том числе и сульфидов различных металлов.

Формирование специфических свойств геосистем происходит постепенно, в связи с организацией миграционно связанных элювиальных, транзитных и аккумулятивных комплексов [11, 12].

Разнообразие химических элементов отвалов месторождений, карьерных вод, и растительности, вовлеченных в миграцию обуславливает накопление различных цветных, редких и благородных металлов. К сожалению, предлагаемых способов использования карьерно-отвальных комплексов отработанных медноколчеданных месторождений крайне немного – отработка в качестве строительных материалов, хранилища шламов в карьерах, отработка отвалов для получения благородных, редких и радиоактивных элементов. В генеральных планах и документах территориального планирования муниципальных образований они обозначены в качестве глубоко нарушенных техногеосистем, резко отрицательно влияющих на экологическую обстановку [20]. Особое значение имеют подотвальные родники, ручьи и водоемы, концентрирующие значительное количество редких элементов, вымываемых из отвалов и сосредотачивающихся в илах и воде.

Важную роль техногенные ландшафты медноколчеданных месторождений играют в создании охраняемых природных территорий. Изучение возникновения ряда геологических объектов в Уральском регионе свидетельствует, что около 6 % из них имеют техногенное происхождение. Значимость таких объектов геологического наследия возрастает с обнаружением на их территории краснокнижных растений [4].

Карьерно-отвальные комплексы медноколчеданных месторождений привлекают внимание в первую очередь в качестве объектов недропользования (интерес усиливается при обнаружении в рудах и отдельных минералах благородных металлов [16]). Тем не менее, техногенные ландшафты получили особое внимание еще от классиков геохимии ландшафтов [3, 13, 14].

К техногенным ландшафтам относятся ландшафты с нарушенным биологическим круговоротом элементов и доминированием техногенной миграции веществ [1]. Элементарная ландшафтно-геохимическая система (фация), по определению М. А. Глазковской [3], это «территория, в пределах которой химический состав компонентов ландшафта, а также состав и напряжённость миграционных потоков вещества между его компонентами обладают сходством». **Ландшафтно-геохимическая ярусность** – это вертикальная неоднородность ландшафта, связанная с миграцией химических элементов, что приводит к формированию радиальной геохимической структуры [3, 15]. Парадинамическое геополе – геохимический ореол, объединяющий сопряженные ландшафтные системы связанные однонаправленным потоком вещества и энергии [8].

Следует отметить высокий уровень разработки концепции ландшафтно-геохимической миграции [14, 15], глубокий геохимический анализ техногеосистем и их элементов дан в работах группы немецких и шведских исследователей, ученых из Китая.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Цель исследований состоит в определении ландшафтно-геохимических особенностей карьерно-отвального комплекса Блявинского медноколчеданного месторождения. Задачи заключаются в следующем: оценка концентрации химических элементов в природно-техногенных компонентах (литогенной основе, водах карьера и растительности) техногеосистемы месторождения; выявление ключевых закономерностей формирования геохимических фаций – ландшафтно-экспозиционной ярусности и парадинамических геополей.

Материалами для исследования техногенных ландшафтно-геохимических комплексов являлись техногеохимические пробы, взятые из западного отвала, стенок карьера, карьерного озера, подотвальных ручьев Блявинского медно-цинкового колчеданного месторождения Оренбургской области. Блявинское месторождение открыто в 1931 году и представлено 4 линзами колчеданных руд [17]. В 1971 году отработка была приостановлена.

Всего было отобрано более 100 проб грунтов, растительности и воды. Почвенный покров на отвалах отсутствует. При выделении ландшафтно-геохимических фаций техногенного происхождения использованы анализы вертикальной и горизонтальной структур техногеосистем с использованием маршрутного и полустационарного способов организации полевых работ и моделирование ландшафтных катен и геополей.

Ведущий способ интерпретации основных техногенных миграционных потоков связан с использованием ландшафтно-геохимических катен, увязывающих основные ландшафтно-геохимические фации (ЛГХГ). Анализ вертикальной структуры техногеосистем проведен по уже апробированным методическим подходам, связанным с анализом концентрации технофильных элементов, формированием сопряженных рядов ландшафтно-геохимических фаций [3] и использованием ландшафтно-геохимических катен для определения границ техногеосистемы и основного направления перемещения загрязняющих веществ.

Содержание химических элементов в образцах проб определяли методом атомно-эмиссионного анализа на спектрометре ICP-5000 (Focused Photonics Inc.) в Инжиниринговом центре Оренбургского государственного университета. Всего было проведено более 1600 элементоопределений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Итогом проведенных анализов стало определение 44 химических элементов методом атомной эмиссии. Результаты определения химических элементов в образцах отвала, а также в пробах вод и растительности приведены в таблице 1.

Таблица 1

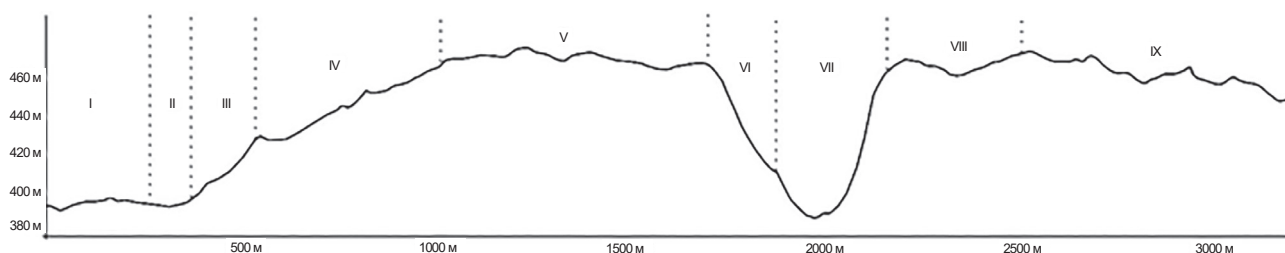
Содержания химических элементов в геохимических пробах Блявинского месторождения Оренбургской области (мг/г). Даны средние значения, вода в мкг/л

[Table 1. The content of chemical elements in geochemical samples of the Blyavinsky deposit of the Orenburg Region (mg/g). The average values are given, water in mkg/l]

Элемент / Element	Грунт (21) / Ground	Флора (9) / Flora	Вода карьера / Water quarry	Ил (2) / II	Элемент / Element	Грунт (21) / Ground	Флора (9) / Flora	Вода карьера / Water quarry	Ил (2) / II
Fe	252,92	18,199	422,008	0,189	Na	3,768	0,253	70809,2	4,498
Mn	2,644	0,550	164629,1	4,145	K	9,210	6,395	29335,1	13,298
Cr	0,215	0,160	1,508	0,479	Rb	5,259	0,059	27284,58	3,205
V	0,307	0,039	200,348	1,413	Cs	1,298	0,205	-	4,807
Cu	12,758	0,464	15197,25	4,376	Be	0,001	0,0001	2,496	-
Zn	0,577	0,160	35917,79	0,892	Tl	0,513	0,011	2,501	-
Pb	0,636	0,060	21,726	0,899	Cd	4,088	0,010	1495,269	1,281
Al	29,647	7,262	956,515	100,576	Ga	0,178	0,007	3,539	0,189
Mg	17,803	4,029	415967,6	78,780	Se	0,102	0,003	79,115	0,077
Ni	0,062	0,014	2501,679	0,117	As	0,581	0,027	27,835	0,088
Co	0,186	0,006	866,110	0,062	B	0,954	0,069	19,735	0,893
Ba	0,160	0,025	19,735	0,248	S	38,202	15,036	588124,3	34,426
Ca	21,608	10,174	292347,9	28,968	P	2,757	1,702	-	1,262
Sr	0,289	0,085	2918,873	0,517	Rb	5,259	0,0594	27284,58	3,205

Примечание: – нет данных

[Note: – No data available]



Условные обозначения: ландшафтно-геохимические фации: I – трансэлювиальная (условно-псевдонатуральная); II – локально аккумулятивная (условно-псевдонатуральная); III – трансэлювиальная и локально аккумулятивная положительная (техногенная); IV – трансэлювиальная и локально аккумулятивная положительная (техногенная); V – элювиальная положительная (техногенная); VI – трансэлювиальная отрицательная (техногенная); VII – трансэлювиальная резкоотрицательная (техногенная); VIII – трансэлювиальная и локально элювиальная положительная (техногенная и условно-псевдонатуральная); IX – трансэлювиальная и локально элювиальная положительная (условно-псевдонатуральная)

Рис. 1. Типологические подразделения полигона-катены Блявинский карьер по профилю «запад-восток»
[Fig. 1. Typological subdivisions of the polygon-catena Blyavinsky quarry according to the west-east profile]

Для работы по формированию гипсометрической кривой и ландшафтному профилированию ландшафтно-геохимических комплексов Блявинского медноколчеданного месторождения авторы использовали данные, которые получили с использованием радарной съемки ASTER GDEM. Пространственное разрешение снимков составляет 30 метров (рис. 1).

Ландшафтно-геохимический комплекс Блявинского месторождения включает комплекс ландшафтно-геохимических фаций, которые располагаются на различных высотных уровнях, образуя систему генетических ландшафтных ярусов. Следует подчеркнуть, что техногеосистема Блявинского месторождения является частью Ка-

траля-Кураганского ландшафтного района, входящего в состав Зилаирско-Сакмарской низкорной ландшафтной провинции Уральской горной страны. Окружающие техногенно-ландшафтный комплекс месторождения псевдонатуральные ландшафты образованы группой локальных элювиальных, трансэлювиальных и аккумулятивных фаций, располагающихся на нижних уровнях 380-400 м и верхних геоморфологических уровнях 470 м. Ландшафтно-геохимические фации техногенного происхождения нами разделены на две группы из-за различий в гипсометрическом положении. Трансэлювиальные фации Блявинского карьера отнесены к отрицательному и резкоотрицательному уровням в связи с раз-

мещением по профилю вниз от 470 м до 359 м, то есть до уреза воды в карьерном озере (на 01.05.2021). Фации, расположенные на западном и южном отвалах, а также подотвальные техногенно-ландшафтные комплексы отнесены к положительным элювиальным, трансэлювиальным и локальному аккумулятивным.

В таблице 2 отображены концентрации основных типоморфных элементов в компонентах ландшафтов: растительности, грунтах и водах. Для трансэлювиальных и аккумулятивных фаций отвалов характерно

высокое содержание Fe (230-300 мг/г). Данный показатель свидетельствует о формировании фаций, сходных с латеритной корой выветривания. Иначе может быть охарактеризован химический состав воды подотвальных водоемов – резкое увеличение концентрации Ca, Mg и S. В растительности не отмечены высокие концентрации химических элементов, однако, их содержание имеет высокую корреляцию с составом грунтов в положительных фациях отвалов (до 0,87) и слабую корреляцию – в отрицательных (до 0,19).

Таблица 2

Значения концентрации химических элементов по ландшафтно-геохимическим фациям
Блявинского месторождения

[Table 2. Concentration values of the chemical elements according to the landscape-geochemical facies of the Blyavinsky deposit]

Номер фации / Facies number	Компонент тЛ / Component tL	Химические элементы (вода – мкг/л, растительность, грунт, ил – мг/г) / Chemical elements (water – mg/l, vegetation, ground, il – mg/t)							
		Al	Fe	Ca	Mg	Na	K	Cu	S
III тэ	Грунт	30,0	252,1	22,2	17,9	3,8	9,9	12,7	38,2
	Вода	20,6	0	254038,8	47576,9	9602	4380	2,31	32501,6
IV тэ	Растительность	6,5	18,1	7,6	3,8	0,2	5,0	0,6	10,6
	Грунт	37,2	235,7	33,6	20,1	5,5	11,4	10,7	37,6
IV ла	Грунт (ил)	62,3	304,4	13,5	33,8	4,2	10,7	2,5	35,5
VII тэ	Растительность	7,9	17,2	14,8	4,9	0,36	8,9	0,17	38,2
	Грунт (ил)	100,6	416,8	29,0	78,8	4,5	13,3	4,4	34,4
	Вода	34110,3	422,0	292374,9	415967,6	70809,2	29335,1	15197	588124,3

Примечание: тЛ – техногенный ландшафт; тэ – трансэлювиальная; ла – локально аккумулятивная
[Note: tL – technogenic landscape; te – transeluvial; la – locally accumulative]

Также достаточно отчетливо видны различия в концентрации тяжелых металлов по ландшафтно-геохимическим уровням, что свидетельствует об ассоциативности типоморфных элементов (табл. 3).

Анализ химического состава воды Блявинского карьера и подотвальных водоемов выявил, что карьерные и подотвальные воды относятся к сульфатному кальциевому и кальциево-магниевому типам.

Таблица 3

Значения концентрации типоморфных химических элементов по ландшафтно-геохимическим фациям
Блявинского месторождения [5]

[Table 3. Concentration values of the typomorphic chemical elements according to the landscape-geochemical facies of the Blyavinsky deposit [5]]

Номер фации / Facies number	Компонент тЛ / Component tL	Химические элементы (вода – мкг/л, растительность, грунт, ил – мг/г) / Chemical elements (water – mg/l, vegetation, ground, il – mg/t)						
		Cu	Pb	Co	As	Zn	Ag	Se
1	2	3	4	5	6	7	8	9
III тэ	Грунт	12,66	0,65	0,18	0,57	0,57	2,65	0,10
	Вода	2,32	0,28	4,57	9,98	36,2	179,6	62,5
IV тэ	Растительность	0,55	0,074	0,005	0,03	0,18	0,02	0,003
	Грунт	10,66	0,84	0,087	0,29	0,52	0,52	0,076
IV ла	Грунт (ил)	2,53	0,73	0,029	0,37	0,79	0,047	0,089
VII тэ	Растительность	0,17	0,08	0,005	0,009	0,11	0,01	0,002
	Грунт (ил)	4,38	0,90	0,062	0,088	0,89	0,088	0,077
	Вода	15917,2	21,7	866,2	27,84	35917,8	956,5	79,11

Примечание: тЛ – техногенный ландшафт; тэ – трансэлювиальная; ла – локально аккумулятивная
[Note: tL – technogenic landscape; te – transeluvial; la – locally accumulative]

Блявинский карьер, очевидно, играет роль коллектора для большинства тяжелых металлов, но особое значение имеет высокая концентрация редких и рассеянных металлов, в том числе Rb^+ (до 27000 мкг/л) и Cd^{2+} . Концентрация Cd^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} в воде карьера Блявинского месторождения превышает фоновое содержание в миллионы раз!

В водах подотвальных ручьев и прудов концентрации тяжелых металлов ниже, но, например, концентрация Cu^{2+} выше фонового уровня в 300 раз. По данным А.Ю. Опекунова и соавт. [13] по химическому составу речных вод, прилегающих к Сибайскому карьеру, содержание тяжелых металлов в подотвальных водах снижается при возрастании значения pH, но остается все равно выше фоновых. По В.Н. Удачину [18-19], величина pH в карьерном озере Блявинского карьера составляет 2,92. Следует подчеркнуть, что по концентрации Cd^{2+} и Cu^{2+} озеро Блявинского карьера характеризуется крайне высокой аномальностью в сравнении с химическим составом рек мира, впадающих в океан [18]. Также отмечается аномально высокая концентрация в иловых отложениях карьера и подотвальных ручьев Al (60-100 мг/г), Fe (300-400 мг/г) и S (34-35 мг/г). При этом концентрация Cd^{2+} , Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} не высокая и держится на уровне 0,7-4,8 мг/г.

Техногеосистемы медноколчеданных месторождений представляют одну из наиболее высоких экологических опасностей, поскольку в медноколчеданных рудах 1 класс опасности имеют свинец, цинк и кадмий, 2 класс – медь и кобальт [20]. В пределах ландшафтно-геохимической катены Блявинского месторождения выделяются ярусы, обладающие как различной концентрацией химических элементов, так и уровнем экологической напряженности [20]. При этом дренирование речной системой техногенного ландшафта приводит к самоочищению природных вод, а, следовательно, и всей техногеосистемы в целом. Существенные различия выделенных ландшафтно-геохимических фаций заключаются в характеристиках и факторах техногенеза, обусловленных миграцией химических элементов: скорость ионного потока, возраст фации, биопродуктивность, окислительно-восстановительные и кислотно-щелочные параметры компонентов техногенного ландшафта [11, 2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выделены 3 ландшафтно-геохимические фации техногенного происхождения: транзлювиальная положительная на западном отвале (III), транзлювиальная и локально аккумулятивная положительная на западном и южном отвалах (IV) и транзлювиальная резкоотрицательная в карьере Блявинского месторождения (VII), позволяющие интерпретировать основные техногенные миграционные потоки, что способствует системности их рекультивации.

Индивидуальные черты ландшафтно-геохимических фаций отчетливо проявляются в виде ассоциативности типоморфных элементов и коллекторной роли

подотвальных вод и карьерного озера. Ландшафтно-геохимическая ярусность и экспозиционная асимметрия являются самыми яркими факторами ландшафтной дифференциации техногенных геосистем Блявинского месторождения. Ярусность закладывалась на этапе складирования вскрышных пород и некондиционных руд, в форме геоморфологических уровней, сложной системе геохимических полей. Асимметрия проявляется в форме крутосклонных обрывов по бортам отвала, как правило, с одним откосом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев В. А. *Геохимия ландшафтов и окружающая среда*. М.: Недра, 1999. 142 с.
2. Алексеев В. А., Юргенсон Г. А., Швыдкая Н. В., Пузанов А. В. Ландшафтно-геохимические изменения, вызванные разработкой рудных месторождений // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2019. № 25(5). С. 6–17.
3. Глазовская М. А. *Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР*. М.: Высшая школа, 1988. 328 с.
4. *Красная книга Оренбургской области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов*. Министерство природных ресурсов, экологии и имущественных отношений Оренбургской области [и др.], ответственный редактор В. С. Белов; члены коллегии: А. А. Чибилев [и др.]. Издание второе, переработанное и дополненное. Воронеж : Мир, 2019. 487 с.
5. Григорян С. В., Сает Ю. Е. Геохимические методы при решении некоторых экологических задач // *Советская геология*. 2017. № 11. С. 94–108.
6. Грязнов О. Н., Елохина С. Н. Геоэкологические проблемы горнопромышленного техногенеза на Урале // *Известия Уральского государственного горного университета*, 2017. № 2(46). С. 28–33.
7. Заварицкий А. Н. Колчеданное месторождение Блява на Южном Урале и колчеданные залежи Урала // *Труды Геологического ин-та*. М.; Л., 1936. Т. 5. С. 29–65
8. Мильков Ф. Н. *Физическая география. Учение о ландшафте и географическая зональность*. Воронеж, 1986. 326 с.
9. Нечасова Е. Г., Белозерцева И. А., Напрасникова Е. В. и др. *Мониторинг и прогнозирование вещественно-динамического состояния геосистем сибирских регионов*. Новосибирск: Наука, 2010. 314 с.
10. Нестеренко В. С. Закономерности техногенеза на месторождениях медных руд Урала // *Горный журнал*. 2012. № 7. С. 110–114.
11. Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г. Геохимия техногенеза в районе разработки Сибайского медноколчеданного месторождения // *Записки горного института*. 2013. Т. 203. 196 с.
12. Опекунов А. Ю., Опекунова М. Г. Влияние разработки Сибайского месторождения Южный Урал на трансформацию потока металлов в подчиненных ландшафтах // *Вестник Московского ун-та*, 2018. № 5(1). С. 14–24.
13. Опекунов А. Ю. и др. Воздействие природных и антропогенных факторов на элементный состав растений Башкирского Зауралья // *Биосфера*. 2015. № 2. С. 181–198.
14. Перельман А. И. Геохимический ландшафт как самоорганизующаяся система // *Вестник Московского университета*. 1995. № 5(4). С. 10–16.
15. Перельман А. И., Касимов Н. С. *Геохимия ландшафта*. М.: Астерия-2000, 1999. 762 с.
16. Пономарева Г. А. Платиноиды золотосульфидных месторождений черносланцевых формаций Восточной части Оренбуржья // *Горный журнал*. М.: 2024. № 4. С. 14–19. DOI: 10.17580/gzh.2024.04.01

17. Прокин В. А. и др. Медноколчеданные месторождения Урала: Геологические условия размещения. УНЦ АН СССР, Свердловск. 1985. 288 с.

18. Удачин В. Н. и др. Распределение физико-химических параметров в карьерных озерах Блявинского и Яман-Касинского колчеданных месторождений (Южный Урал) // *Вестник Оренбургского ун-та*. 2009. № 5. С. 65–71.

19. Удачин В. Н. и др. Гидрохимия карьерных озер Южного Урала: геологическое строение месторождений и горнопромышленный техногенез // *Металлогения древних и со-*

временных океанов – 2008. Рудоносные комплексы и рудные фации. Миасс, Мин УрОРАН, 2008. С. 324–328.

20. Ураскулов М. Р. и др. Геоэкологические проблемы зон горнорудного техногенеза Северного Кавказа // *Аридные экосистемы*. 2018. № 24 (74). С. 65–71.

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

Поступила в редакцию: 03.10.2024

Принята к публикации: 01.09.2025

UDC 550.4:553.435(470.56)

ISSN 1609-0683

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/13-19>

Technogenic Landscape-Geochemical Complexes of the Blyavinsky Copper-Pyrite Deposit in the Orenburg Region

V. P. Petrishchev¹ ✉, G. A. Ponomareva²

¹Orenburg State University, Russian Federation

(13, Pobedy Ave., Orenburg, 460018)

²Institute of Steppe Ural Branch of the Russian Federation, Orenburg Federal Research Center

Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Russian Federation

(11, Pionerskaya Str., Orenburg, 460000)

Abstract. The purpose of research is to determine the landscape-geochemical features of the Blyavinsky copper-pyrite deposit's quarry, located in the Orenburg Region of the Southern Urals. The research objectives were: assessment of the concentration of chemical elements in natural and technogenic components (lithogenic base, quarry waters, and vegetation) of the technogeosystem of the Blyavinsky deposit; identification of key patterns of formation of geochemical facies – landscape-exposure tiering and paradyamic geofields.

Materials and methods. Instrumental determination of chemical elements in samples of geochemical samples was performed by the method of atomic emission analysis.

Results and discussion. The result of the analyzes was the determination of 44 chemical elements by atomic emission. The characteristics of geochemical features of 3 identified landscape-geochemical facies of technogenic origin are given: transluvial positive on the western dump (III), transluvial and locally accumulative positive on the western and southern dumps (IV) and transluvial sharply negative in the quarry of the Blyavinsky deposit (VII).

Conclusion. The obtained results allow us to interpret the main technogenic migration flows.

Key words: technogenic landscapes, geochemical facies, chemical elements, pyrite deposits.

Funding: The article was prepared with the support of the RNF grant No. 23-27-10006 «Analysis of the formation of man-made geosystems as a result of the development of ore deposits in the Orenburg Region in order to rationalize reclamation measures».

For citation: Petrishchev P. V., Ponomareva G. A. Technogenic Landscape-Geochemical Complexes of the Blyavinsky Copper-Pyrite Deposit in the Orenburg Region. *Vestnik Voronezhskogo universiteta. Seriya: Geografia. Geoekologia*, 2025, no 3, pp. 13-19 (in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2025/3/13-19>

REFERENCES

1. Alekseenko V. A. *Geohimiya landshaftov i okruzhayushchaya sreda* [Geochemistry of landscapes and the environment]. M.: Nedra, 1999, 142 p. (In Russ.)

2. Alekseenko V. A., Yurgenson G. A., Shvydkaya N. V., Puzanov A. V. Landshaftno-geohimicheskie izmeneniya, vyzvannye razrabotkoy rudnykh mestorozhdenij [Landscape-geochemical changes caused by the development of ore deposits]. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta – Bulletin of the Trans-Baikal State University*, 2019, No. 25(5), pp. 6-17. (In Russ.)

3. Glazovskaya M. A. *Geohimiya prirodnih i tekhnogennykh landshaftov SSSR* [Geochemistry of natural and man-made landscapes of the USSR]. M.: Higher School, 1988. 328 p. (In Russ.)

4. *Krasnaya kniga Orenburgskoy oblasti: redkie i nahodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoeniya vidy zhivotnykh, rastenij i gribov*. Ministerstvo prirodnih resursov, ekologii i imushchestvennyh otoshenij Orenburgskoy oblasti [i dr.]; otvetstvennyj redaktor V. S. Belov; chleny kollegii: A. A. Chibilev [i dr.]. Izdanie vtoroe, pererabotannoe i dopolnennoe. [The Red Book of the Orenburg region: rare and endangered species of animals, plants and fungi].



Ministry of Natural Resources, Ecology and Property Relations of the Orenburg Region [et al.]. executive editor V.S. Belov; board members: A.A. Chibilev [et al.]. Second edition, revised and supplemented. Voronezh : Mir, 2019. 487 p. (In Russ.)

5. Grigoryan S.V., Saet Yu.E. Geohimicheskie metody pri reshenii nekotorykh ekologicheskikh zadach [Geochemical methods in solving some environmental problems]. *Sovetskaya geologiya – Soviet geology*. 2017, № 11, pp. 94–108. (In Russ.)

6. Gryaznov O.N., Elokhina S.N. Geoekologicheskie problemy gornopromyshlennogo tekhnogeneza na Urale [Geoecological problems of mining technogenesis in the Urals]. *Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo gornogo un-ta – Izvestia of the Ural State Mining University*. 2017, No. 2(46), pp. 28–33. (In Russ.)

7. Zavarickij A.N. Kolchedannoe mestorozhdenie Blyava na Yuzhnom Urale i kolchedannye zalezhi Urala [The pyrite deposit of Blyava in the Southern Urals and pyrite deposits of the Urals]. *Trudy Geologicheskogo in-ta – Proceedings of the Geological Institute*. M.; L., 1936, Vol. 5, pp. 29–65. (In Russ.)

8. Milkov F.N. *Physical geography. The doctrine of landscape and geographical zonation*. Voronezh, 1986. 326 p. (In Russ.)

9. Nechaeva E.G., Belozerceva I.A., Naprasnikova E.V. i dr. *Monitoring i prognozirovaniye veshchestvenno-dinamicheskogo sostoyaniya geosistem sibirskikh regionov* [Monitoring and forecasting of the material-dynamic state of the geosystems of the Siberian regions]. Novosibirsk: Nauka, 2010, 314 p. (In Russ.)

10. Nesterenko V.S. Zakonomernosti tekhnogeneza na mestorozhdeniyakh mednykh rud Urala [Patterns of technogenesis in the deposits of copper ores of the Urals]. *Gornyy zhurnal – Mining Journal*. 2012, № 7, pp. 110–114. (In Russ.)

11. Opekunov A.Yu., Opekunova M.G. Geohimiya tekhnogeneza v rajone razrabotki Sibajskogo mednokolchedannogo mestorozhdeniya [Geochemistry of technogenesis in the development area of the Sibai copper-cruste deposit]. *Zapiski gornogo in-ta – Notes of the Mining Institute*, 2013, Vol. 203, 196 p. (In Russ.)

12. Opekunov A.Yu., Opekunova M.G. Vliyaniye razrabotki Sibajskogo mestorozhdeniya Yuzhnyy Ural na transformatsiyu potoka metallov v podchinennyykh landshaftakh [The influence of the development of the Sibayskoye South Ural deposit on the transformation of metal flow in subordinate landscapes]. *Vestnik Moskovskogo un-ta – Bulletin of the Moscow University*, 2018, № 5(1), pp. 14–24. (In Russ.)

13. Opekunov A.Yu. i dr. Vozdejstvie prirodnnykh i antropogennykh faktorov na elementnyy sostav rasteniy Bashkirskogo Zauralya. [The impact of natural and anthropogenic factors on

the elemental composition of plants of the Bashkir Trans-Urals.] *Biosfera*. 2015, № 2, pp. 181–198. (In Russ.)

14. Perel'man A.I. Geohimicheskij landshtaft kak samoorganizuyushchayasya sistema [Geochemical landscape as a self-organizing system] // *Vestnik Moskovskogo universiteta – Bulletin of the Moscow University*, 1995, No 5(4), pp. 10–16. (In Russ.)

15. Perel'man A.I., Kasimov N.S. *Geohimiya landshafta* [Geochemistry of the landscape]. M.: Asteria-2000, 1999, 762 p. (In Russ.)

16. Ponomareva G.A. Platinoidy zolotosul'fidnykh mestorozhdeniy chernoslansevyykh formatsiy Vostochnoy chasti Orenburzh'ya [Platinoids of gold sulfide deposits of black shale formations of the Eastern part of Orenburg region]. *Gornyy zhurnal – Mining Journal*. Moscow: 2024, No 4, pp. 14–19. DOI: 10.17580/gzh.2024.04.01 (In Russ.)

17. Prokin V.A. i dr. *Mednokolchedannye mestorozhdeniya Urala: Geologicheskie usloviya razmeshcheniya* [Copper-cruste deposits of the Urals: Geological conditions of placement]. UNC of the USSR Academy of Sciences, Sverdlovsk. 1985, 288 p. (In Russ.)

18. Udachin V.N. i dr. Raspreделение fiziko-himicheskikh parametrov v kar'ernykh ozerakh Blyavinskogo i Yaman-Kasinskogo kolchedannykh mestorozhdeniy (Yuzhnyy Ural) [Distribution of physico-chemical parameters in the quarry lakes of the Blyavinsky and Yaman-Kasinsky pyrite deposits (Southern Urals)]. *Vestnik Orenburgskogo un-ta – Bulletin of the Orenburg University*, 2009, No. 5, pp. 65–71. (In Russ.)

19. Udachin V.N. i dr. Gidrohimiya kar'ernykh ozer Yuzhno-Urala: geologicheskoe stroenie mestorozhdeniy i gornopromyshlennykh tekhnogenez [Hydrochemistry of quarry lakes of the Southern Urals: geological structure of deposits and mining technogenesis]. *Metallogeniya drevnykh i sovremennykh okeanov – 2008. Rudonosnye komplekсы i rudnye facii*. [Metallogeny of ancient and modern oceans – 2008. Ore-bearing complexes and ore facies]. Miass, Min UrORAN, 2008, pp. 324–328. (In Russ.)

20. Uraskulov M.R. i dr. Geoekologicheskie problemy zon gornorudnogo tekhnogeneza Severnogo Kavkaza [Geoecological problems of the zones of mining technogenesis of the North Caucasus]. *Aridnye ekosistemy – Arid ecosystems*, 2018, No. 24(74), pp. 65–71. (In Russ.)

Conflict of interests: The authors declare no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 03.10.2024

Accepted: 01.09.2025

Петрищев Вадим Павлович

Доктор географических наук, профессор кафедры геологии, географии и кадастра Оренбургского государственного университета, г. Оренбург, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-7711-8141, e-mail: wadpetr@mail.ru

Пономарева Галина Алексеевна

Кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии, географии и кадастра Оренбургского государственного университета, г. Оренбург, Российская Федерация, ORCID: 0000-0002-1167-5594, e-mail: galy.ponomareva@mail.ru

Vadim P. Petrishchev

Dr. Sci. (Geogr.), Professor at the Department of Geology, Geography and Cadastre, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-7711-8141, e-mail: wadpetr@mail.ru

Galina A. Ponomareva

Cand. Sci. (Geol.-Miner.), Assoc. Prof. at the Department of Geology, Geography and Cadastre, Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation, ORCID: 0000-0002-7711-8141, e-mail: wadpetr@mail.ru