

Yugra]. *Portal otkrytykh dannykh Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry* [Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra open data portal]. Available at: [https://data.admhmao.ru/opendata/8601006322-dorogi_r?recordsPerPage=25 & PAGEN_1 = 1](https://data.admhmao.ru/opendata/8601006322-dorogi_r?recordsPerPage=25&PAGEN_1=1) (accessed: 05.04.2018).

10. Transport Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry : otchet za 2016 god [Transport of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra. Report for 2016]. *Portal Departamenta ekonomicheskogo razvitiya Khanty-Mansiyskogo avtonomnogo okruga – Yugry* [Economic Development Department of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug – Yugra]. Available at: <https://depeconom.admhmao.ru/upload/iblock/f17/transport.pdf> (accessed: 05.04.2018).

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРАНСФОРМАЦИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ РУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Бузмаков Сергей Алексеевич, доктор географических наук, профессор, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: ler@psu.ru

Андреев Дмитрий Николаевич, кандидат географических наук, доцент, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: ler@psu.ru

Дзюба Екатерина Алексеевна, аспирант, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: ler@psu.ru

Хотяновская Юлия Владимировна, ассистент, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 614990, Российская Федерация, г. Пермь, ул. Букирева, 15, e-mail: ler@psu.ru

В статье представлена характеристика современного состояния почвенного покрова в районе среднеуральского рудного месторождения. Главным образом исследовались геохимические особенности почв. На территории исследования были заложены пробные площадки в зависимости от техногенного воздействия. Отдельно были отобраны почвы проб в зоне железорудного месторождения, на отвалах вскрышных пород и в зонах их воздействия, районе цеха ведения взрывных работ, а также в зоне отвалов золотодобычи. Всего были заложены 64 пробные площадки. На пробных площадках отбирались точечные пробы почв методом конверта. Для отобранных проб почв определены механический состав, физико-химические свойства, валовое содержание тяжелых металлов (V, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb). В результате дана оценка загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами под воздействием разработки рудного месторождения. Химическое загрязнение почв оценивалось по суммарному показателю химического загрязнения. Даны геохимические ряды элементов, сформированные под влиянием железорудного месторождения, отвалов вскрышных пород, отвалов золотодобычи. Выявлены геохимические закономерности распределения тяжелых металлов в почве, формируемые при эксплуатации железорудного месторождения и под влиянием золотодобычи. Отмечено аномальное содержание Mn и Ni в почвах под влияние отвалов золотодобычи.

Ключевые слова: антропогенная трансформация природной среды, геохимические особенности почв, геохимический фон, железорудное месторождение, золотодобыча, показатель суммарного загрязнения почв, почвы, Собственно-качканарское месторождение, техногенная трансформация, тяжелые металлы, экологический мониторинг

GEOCHEMICAL FEATURES OF SOIL COVER TRANSFORMATION WHEN OPERATING ORE FIELD

Buzmakov Sergey A., D.Sc. in Geography, Professor, Perm State University, 15 Bukirev st., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: lep@psu.ru

Andreev Dmitriy N., C.Sc. in Geography, Associate Professor, Perm State University, 15 Bukirev st., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: lep@psu.ru

Dziuba Ekaterina A., post-graduate, Perm State University, 15 Bukirev st., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: lep@psu.ru

Khotyanovskaya Yuliya V., assistant, Perm State University, 15 Bukirev st., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: lep@psu.ru

This paper deals with the contemporary state of soil cover around the Mid-Ural iron ore deposit, focusing on geochemical features. Sample plots were laid based on the technogenic impact in the study area. Soil samples were taken in the zone of the iron ore deposit, in the zones of overburden and gold mining waste dumps influence, and in the rock blasting site. A total of 64 sample plots were laid. Soil texture, physicochemical features, and total heavy metal content (V, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd, and Pb) were defined for the soil samples. As a result, the evaluation of heavy metal soil pollution under the influence of iron ore deposit mining is given. Chemical contamination of soil was assessed by a cumulative chemical contamination index. Geochemical series of elements formed under the influence of iron ore deposit mining, as well as overburden and gold mining are given. Here, geochemical patterns of heavy metal distribution in the soil of iron ore deposit and under the influence of gold mining are considered. The analysis of the influence of gold mining on the elementary composition of soil revealed the anomalous content of Mn and Ni.

Keywords: anthropogenic transformation of the natural environment, geochemical features of soils, geochemical background, iron ore deposit, gold mining, indicator of total soil pollution, soil, Kachkanar field itself, technogenic transformation, heavy metals, environmental monitoring

Из закона В.И. Вернадского о всеобщем рассеянии химических элементов, нам известно, что во всех природных компонентах есть все химические элементы. Однако они распространены неодинаково и крайне неравномерно [8].

Знание о содержании химических элементов в исследуемой системе или конкретном объекте может помочь в решении различных экологических проблем. Почва относится к числу особо важных объектов исследования в данной проблеме [1–3, 5].

Техногенная трансформация природной среды – процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной деятельности. Заключается в преобразовании биосферы и ее частей (экосистем), вызываемом совокупностью геохимических процессов, связанных с технической и технологической деятельностью людей по извлечению из окружающей среды, концентрированию и перегруппировке минеральных и органических соединений [4–8].

Поступление тяжелых металлов (ТМ) в окружающую среду связано с активной деятельностью человека. К отраслям промышленности, загрязняющим окружающую среду тяжелыми металлами, относится и горнодобывающая. Попадающие в окружающую среду соединения тяжелых металлов загрязняют атмосферный воздух, воду, почву, попадают в растения и организмы животных [24].

Разрабатываемые месторождения полезных ископаемых объективно являются источниками загрязнения окружающей среды [25]. Большую потенциальную угрозу для окружающей среды представляют месторождения металлов, обычно многоэлементные, содержащие набор компонентов, нормируемых в объектах среды обитания человека. Эти компоненты извлекаются не полностью и не все, а хранятся в отвалах [12].

Для ТМ почва является емким акцептором, занимающим место в круговороте химических загрязнителей в биосфере [26]. Установлено, что металлы сравнительно быстро накапливаются в почве и крайне медленно из нее удаляются [19, 23].

Свердловская область относится к числу старейших горнопромышленных регионов России и является одним из крупнейших субъектов Российской Федерации по величине разведанных и прогнозных запасов рудных полезных ископаемых. Это предопределило интенсивное развитие в области таких видов экономической деятельности, как добыча полезных ископаемых (включая золотодобычу), черная и цветная металлургия, строительство, химическое производство [13].

В процессе длительного хранения горнопромышленных отходов происходят геохимические преобразования, состав компонентов меняется, образуются новые техногенные минералы, происходит обеднение ценными металлами, вынос элементов за пределы хранилищ и загрязнение окружающей среды [11].

Материал и методы исследования. Полевое обследование почвенного покрова производилось с применением методических рекомендаций по выявлению деградированных и загрязненных земель [10], методических указаний по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами [17].

Оценка уровня химического загрязнения почв, являющегося индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводится исходя из суммарного показателя загрязнения. Для контроля качества почв использовались следующие показатели: валовое содержание микроэлементов (V, Mn, Ni, Cu, Zn, As, Cd, Pb), pH, гумус, гидролитическая и обменная кислотность, обменные водород и алюминий, обменные основания (Ca, Mg, Σ), степень насыщенности основаниями, фосфор подвижный, гранулометрический состав.

Расчет местного геохимического фона проводился согласно инструкции [14], а также другим нормативным и литературным материалам [15, 16]. Для расчета выбраны показатели содержания микроэлементов в почве, отобранные на территории рудного месторождения. На этапе оценки параметров из рассмотрения и расчетов исключены те фрагменты площади, где встречены явные аномалии. Например, содержание элемента, на порядок и более отличающееся от типичного уровня, а также участки, где заранее известно существенное техногенное загрязнение. По данным, характеризующим оставшуюся область преимущественно нормального геохимического поля, составлялась выборка содержаний элемента, по которой и оценивались параметры местного геохимического фона.

Типичный средний уровень содержания элемента характеризуется среднефоновым содержанием C_{ϕ} (фоновое содержание или геохимический фон). В качестве C_{ϕ} принято среднее арифметическое $\bar{C}$ (нормальный закон распределения). Для того чтобы охарактеризовать уровень отклонений содержаний элемента в отдельных фоновых пробах от среднефоновое значения, при нормальном законе статистического распределения используется величина стандартного (среднеквадратического) отклонения S_{ϕ} .

Для определения наименьшего значения содержания химического элемента, которое можно считать с некоторой степенью вероятности, выходящего за пределы колебания фона, использовался параметр порога аномальности. Этот параметр связывает уровень фона со стандартным отклонением при нормальном распределении $C_a = C_\phi + tS$. Вероятность, с которой некоторое значение этого параметра можно определенно считать выходящим за пределы колебаний фона, зависит от коэффициента t . В данной работе для расчета геохимического фона использовался коэффициент $t = 1$.

Качканарский массив расположен на восточном склоне Уральских гор, на севере Среднего Урала. По физико-географическому районированию территория относится к Средне-Уральской горной провинции и находится на границе Среднеуральского низкогорного района и восточного подгорного района с таежными ландшафтами горных хребтов, увалов и кряжей на метаморфических и интрузивных породах. На рисунке представлена территория исследования.

Почвенный покров территории исследований отличается пестротой, обусловленной высотной поясностью, разнообразием горных пород и сложностью рельефа местности. Почвы на обследованной территории формируются на элювиально-делювиальных отложениях подстилающимися массивно-кристаллическими породами и отличаются высокой хрящеватостью и небольшой мощностью.

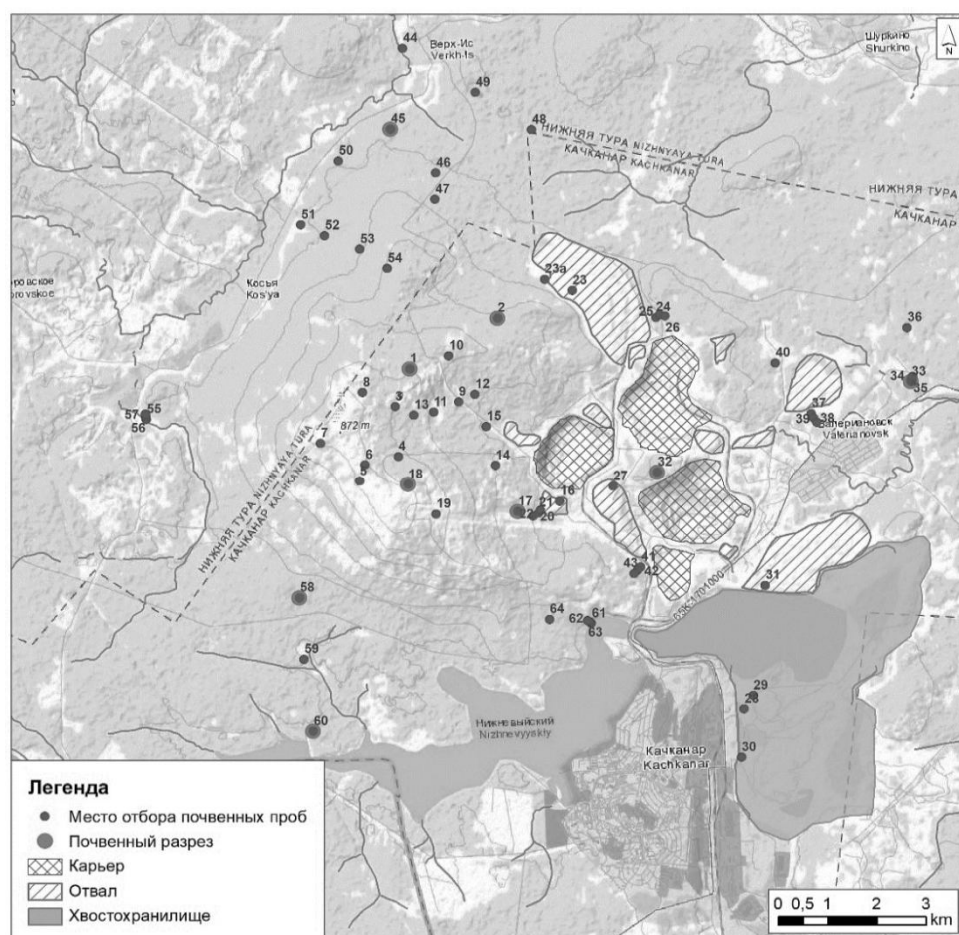


Рис. Территория исследования с метами отбором проб почв

К верхним частям склонов приурочены бурые горно-лесные неполноразвитые почвы. Горно-лесные бурые почвы имеют ряд специфических морфологических и физико-химических показателей, отличающих их от зональных, подзолистых и дерново-подзолистых почв, преобладающих в зонах средней тайги.

Результаты и обсуждения. *Механический состав почв.* Представленные почвы характеризуются как легкими (суглинки легкие), так и тяжелыми разновидностями (тяжелые суглинки-глины легкие).

Характерной особенностью всех горных почв является увеличение содержания крупных частиц (1,0–0,25 и 0,25–0,05 мм) вниз по профилю. Четко прослеживается равномерное распределение содержания или некоторое накопление ила (частиц менее 0,001 мм) и физической глины (частиц менее 0,01 мм) в верхней части профиля по сравнению с почвообразующей породой как результат ослабления интенсивности процессов выветривания и почвообразования с глубиной. Таким образом, процесс почвообразования в условиях повышенного, горного рельефа сопровождается оглиниванием верхних горизонтов почв. Элювиально-делювиальное расчленение профиля, характерное для подзолистых почв, не происходит.

Физико-химические свойства почв. Почвы имеют кислую реакцию среды. Изменение кислотности с глубиной определяется особенностями почвообразующих пород. На кислых породах кислотность слабо изменяется по профилю или увеличивается вниз. Верхние горизонты всех горных почв отличаются высокой обменной кислотностью, которая в органогенных горизонтах представлена в основном водородом, а в минеральных горизонтах обусловлена обменным алюминием. Физико-химические показатели почв по почвенным разрезам представлены в таблице 1, верхних горизонтов по всем отобранным образцам на территории изысканий в таблице 2.

Для представленных почв также характерна высокая гидролитическая кислотность. Величина ее в верхних органогенных горизонтах достигает 50 мг-экв на 100 г и с глубиной резко падает.

Таблица 1

Физико-химические показатели ненарушенных почв на территории изысканий по почвенным разрезам

Гори- зонт, см	pH		Гумус, %	ГК*	ОК	Н ⁺	Al ³⁺ мг / кг	Обменные, мг-экв / 100 г			V %
	H ₂ O	H ₂ O						мг-экв / 100 г			
Разрез № 1. Почва бурая горно-лесная кислая на элювиально-делювиальных отложениях, подстилающихся кристаллическими породами											
0-12	5,82	3,70	8,61	31,40	3,13	1,97	1,16	4,99	3,06	8,05	20
12-30	5,64	3,98	1,37	5,29	1,14	0,29	0,85	2,97	1,38	4,35	45
Разрез № 2 Почва бурая горно-лесная неполноразвитая											
0-20	5,43	3,34	12,55	51,94	7,62	5,83	1,79	4,45	3,39	7,84	13
20-40	4,74	3,36	5,57	16,07	1,38	0,42	0,96	4,43	4,60	9,03	34
Разрез № 17. Почва бурая горно-лесная насыщенная на элювиальных отложениях, подстилающихся основными породами											
0-20	6,84	5,65	14,60	2,80	0,26	0,27	0,01	21,73	16,43	38,16	93
20-40	6,45	5,74	9,24	2,66	0,19	0,18	0,01	12,08	9,54	21,62	90
40-46	6,69	5,87	2,73	2,05	0,14	0,14	0,0	7,10	5,19	12,29	86
Разрез №18. Почва бурая горно-лесная неоподзоленная на делювиальных породах, подстилающихся плотными породами											
0-15	5,77	4,53	9,61	10,69	0,32	0,25	0,07	6,36	2,44	8,80	46
15-30	5,63	4,14	2,60	5,27	0,61	0,29	0,32	3,29	1,17	4,46	46
Разрез № 32. Почва бурая горно-лесная на элювии плотных пород											
0-14	6,34	5,30	9,17	10,22	0,21	0,18	0,03	10,92	8,59	19,51	65
14-20	5,93	5,36	4,62	4,97	0,16	0,14	0,02	6,47	5,41	11,88	69

Гори- зонт, см	рН		Гумус, %	ГК*	ОК	Н ⁺	Al ³⁺ мг / кг	Обменные, мг-экв / 100 г			V %
	H ₂ O	H ₂ O						Ca	Mg	Σ	
	мг-экв / 100 г										
Разрез № 33. Почва горно-дерново-подзолистая глеевая суглинистая на глинистых элювиально-делювиальных отложениях, подстилающихся плотными породами											
0–10	5,57	3,99	4,40	17,61	2,14	0,95	1,19	5,62	2,65	8,27	31
10–31	5,46	4,01	1,34	5,67	2,63	1,19	1,44	4,77	2,97	7,74	58
31–50	6,06	4,94	0,40	2,45	0,23	0,18	0,05	17,81	3,82	21,63	90
50–56	6,13	4,77	0,70	0,89	0,38	0,35	0,03	16,01	15,05	31,06	97
Разрез № 45. Почва горно-дерново-мелкоподзолистая на элювиально-делювиальных отложениях, подстилающихся сланцами											
4–10	4,47	3,40	1,33	15,61	7,17	5,69	1,48	3,39	2,23	5,62	27
10–22	5,00	3,69	1,11	12,08	8,49	6,93	1,56	1,27	0,64	1,91	14
22–50	5,07	4,17	0,23	8,22	5,25	3,74	1,51	2,04	0,73	2,77	25
Разрез № 58. Почва горно-подзолистая глеевая на элювиально-делювиальных отложениях, подстилающихся сланцами											
4–14	5,12	3,94	7,31	10,75	1,63	0,94	6,21	9,22	2,86	12,08	52
14–25	5,10	3,67	3,91	8,22	1,60	1,02	5,22	3,60	0,58	4,18	34
40–60	5,31	4,05	0,38	4,32	0,65	0,30	3,15	3,15	0,50	3,65	46
Разрез № 60. Почва горно-лесная оподзоленная на элювиально-делювиальных отложениях, подстилающихся сланцами											
0–10	5,28	3,69	4,02	16,78	3,73	2,46	11,70	3,39	2,01	5,40	24
10–25	5,30	3,85	0,22	10,91	1,94	0,85	1,09	8,69	3,92	12,51	54
25–60	5,41	4,07	0,30	11,49	0,89	0,42	0,47	13,46	9,43	22,89	67

Примечания: * – ГК – гидролитическая кислотность по Каппену с K = 1,75 в мг-экв;

* – ОК – обменная кислотность по Соколову с K = 1,75;

* – Н⁺ – Al³⁺ – обменные водород и алюминий, V % – степень насыщенности основаниями.

Таблица 2

**Физико-химические показатели верхних горизонтов (0-30см)
ненарушенных почв на территории изысканий**

рН		Гумус, %	ГК*	ОК	Н ⁺	Al ³⁺ мг / кг	Обменные, мг-экв / 100 г			V %	P ₂ O ₅ мг / кг
H ₂ O	KCl						Ca	Mg	Σ		
5,89	4,05	17,09	41,04	0,61	0,16	4,05	12,72	9,75	22,47	36	7
5,17	3,76	27,26	48,39	0,96	0,63	2,97	11,45	5,94	17,39	27	7
5,79	4,17	13,00	35,64	0,68	0,52	1,44	13,78	8,59	22,37	33	10
4,95	3,47	17,40	46,13	4,16	2,33	16,47	6,78	4,13	10,91	19	7
5,79	4,22	6,86	22,28	0,89	0,59	2,70	6,47	3,29	9,76	31	7
5,32	3,99	11,70	31,50	1,02	0,73	2,61	8,90	4,24	13,14	30	7
5,98	4,78	17,71	39,90	0,25	0,25	0,00	19,40	14,95	34,35	46	7
5,27	4,50	35,72	33,66	0,47	0,45	0,18	11,45	7,95	19,40	37	10
5,04	3,81	28,83	45,03	1,30	1,10	1,80	10,49	6,25	16,74	27	7
5,39	4,48	31,72	22,99	0,03	0,01	0,18	11,45	9,96	21,41	49	7
5,98	4,96	20,29	32,07	0,22	0,21	0,01	22,37	19,19	41,56	56	6
6,00	4,63	8,12	8,33	0,43	0,42	0,0	9,12	6,04	15,16	66	16
6,18	5,24	20,90	13,30	0,47	0,47	0,0	15,05	11,98	27,03	68	Сл
6,25	5,36	27,26	13,69	0,0	0,0	0,0	16,11	12,40	28,51	68	Сл
6,38	5,11	18,74	6,22	0,0	0,0	0,0	24,91	7,42	32,33	85	Сл
5,58	4,02	5,05	9,94	1,78	0,96	7,38	7,42	4,51	11,93	54	18
5,48	3,91	2,39	7,50	1,87	1,03	7,56	8,48	5,83	14,31	51	34
5,33	3,91	3,16	9,45	3,80	2,62	10,62	5,83	3,18	9,01	49	17
6,03	5,26	3,86	3,99	0,22	0,20	0,18	7,95	5,83	13,78	92	Сл
6,40	5,38	5,70	4,84	0,21	0,0	0,0	12,89	8,48	20,67	81	Сл
6,52	5,23	1,76	2,31	0,14	0,14	0,0	5,57	4,50	10,08	82	Сл
6,07	4,80	2,14	6,65	0,34	0,34	0,0	4,88	4,13	9,01	57	Сл
6,03	4,80	1,33	7,52	0,18	0,18	0,0	20,35	12,30	32,65	82	29
5,37	3,95	4,20	8,49	3,29	2,29	9,00	5,94	2,12	8,06	49	Сл

pH		Гумус, %	ГК*	ОК	Н ⁺	Al ³⁺ мг / кг	Обменные, мг-экв / 100 г			V %	P ₂ O ₅ мг / кг
H ₂ O	KCl						Ca	Mg	Σ		
5,76	4,75	10,00	7,82	0,75	0,68	0,63	14,20	6,33	20,56	72	16
5,10	3,86	12,33	27,77	2,71	0,99	15,48	15,42	7,95	23,37	46	41
4,83	3,63	9,26	12,50	4,23	2,09	19,26	4,35	1,90	6,25	33	18
5,34	4,25	6,88	11,04	0,76	0,66	0,90	13,99	4,77	18,76	63	34
4,82	3,65	4,34	11,36	5,71	3,06	23,85	2,54	1,28	3,82	25	Сл
4,36	3,40	51,20*	50,21	4,95	2,85	18,90	14,22	7,27	21,49	30	23
5,28	3,81	2,95	10,27	3,81	1,56	20,25	6,36	2,54	8,90	47	18
6,17	5,02	4,60	3,40	0,58	0,48	0,90	16,75	12,64	29,39	89	18
6,40	5,43	4,15	2,29	0,17	0,17	0,0	7,95	5,30	13,25	85	Сл
5,86	4,97	3,70	3,99	0,15	0,15	0,0	5,94	3,28	9,22	70	Сл
5,93	5,23	4,30	3,99	0,21	0,14	0,63	8,16	3,71	11,87	75	Сл

Примечание: * – потеря при прокаливании, %.

Горные почвы имеют специфические особенности по содержанию обменных оснований по сравнению с дерново-подзолистыми и подзолистыми зональными почвами. Эти почвы характеризуются накоплением обменных оснований в верхних органогенных горизонтах и резким уменьшением их количества в минеральной толще. Наименьшее количество обменных оснований содержится в почвообразующей породе. Степень насыщенности основаниями постоянна по профилю, что объясняет слабую дифференциацию профиля.

Бурые лесные почвы характеризуются высоким содержанием органического вещества в верхних горизонтах и постепенным уменьшением его с глубиной. Почвы высокогумусированы по всему профилю.

Бурые горно-лесные насыщенные почвы характеризуются близкой к нейтральной реакцией среды. Они отличаются насыщенностью поглощенных оснований, количество которых уменьшается с глубиной. Почвы высокогумусированы и имеют высокую гидролитическую кислотность в верхних горизонтах. Верхняя часть профиля содержит больше ила и физической глины, в нижней минеральной части преобладает мелкий и средний песок. Так же, как и у бурых горно-лесных кислых почв выноса ила из верхней части профиля не происходит.

Для всех ненарушенных бурых горно-лесных почв характерно низкое содержание подвижного фосфора.

Дерново-подзолистые почвы были отмечены в восточной части территории исследований и на севере (Верх-Ис). Почвы, имеющие признаки оподзоленности, формируются на пологих склонах или выровненных слабодренированных участках, получающих дополнительное увлажнение за счет стока вод с более высоких элементов рельефа. При высоте 328 м (Верхневыйский пруд) и 214–220 м (санаторий «Чайка») под пологом темно-хвойных увлажненных лесов формируются подзолистые и дерново-подзолистые почвы с признаками оглеения.

По физико-химическим показателям дерново-подзолистые почвы характеризуются высокой кислотностью и незначительным содержанием обменных оснований при полной ненасыщенности средней части профиля. Тяжелый механический состав и приуроченность к недостаточно дренированным участкам обеспечивают устойчивую влажность почв, поверхностное оглеение профиля и частичное накопление обменных оснований относительно верхней части профиля.

Обобщая данные о ненарушенных, естественных почвах территории проведения исследований следует указать на особенности, присущие почвообразованию на исследуемой территории – преобладание буроземов (бурых горно-лесных) или горно-лесных неоподзоленных почв, при ограниченном распространении подзолистых. Характерной особенностью морфологического строения горных почв является нечетко выраженная дифференциация профиля на генетические горизонты или слабое ее проявление и сильная хрящеватость профиля. Прimitивно-аккумулятивные почвы верхних частей склонов и бурые горно-лесные почвы формируются в условиях ксероморфного почвообразования и выветривания [18].

Близость подстилающих плотных горных пород способствует слабой дифференциации почвенного профиля и отсутствию ясно выраженного подзолистого горизонта. Пониженная влажность их обеспечивается оттоком влаги по склону и хорошей водопроницаемостью хрящеватых почвообразующих пород. Этим обуславливается невозможность возникновения избыточного увлажнения и восстановительных условий, обеспечивается сохранность в профиле почвы железа. Железо способствует прочности почвенной структуры и препятствует выносу ила (т.е. оподзоливанию) [20, 21]. Интенсивность процессов выветривания нарастает от верхних элементов рельефа к нижним. Дальнейшее увеличение вниз по склону влажности почв и их мощности приводит к тому, что в профиле бурых лесных почв появляются признаки оподзоленности. В них сокращается количество песчаных фракций и значительно возрастает участие крупнопылеватых частиц (0,05–0,01 мм) (разрез № 58). Распределение илистых фракций обнаруживает черты, свойственные подзолистым почвам – уменьшается их количество в оподзоленном горизонте и возрастает в иллювиальном. По мере того, как почва перестает испытывать влияние почвообразующей породы, она приближается к зональным дерново-подзолистым [22].

Лесорастительные свойства буроземов могут быть оценены достаточно высоко. Отсутствие оподзоливания и близкое залегание коренных пород, часто кристаллических, обеспечивает достаточно большое количество питательных веществ. Прочная структура способствует хорошему водно-воздушному режиму этих почв. В то же время значительные уклоны местности и сплошные вырубки могут создать условия для сильной эрозии и как следствие, быструю потерю всего почвенного слоя.

На территории исследования было отобрано большое количество почвенных проб для расчета фоновых значений содержания микроэлементов. Результаты расчета приведены в таблице 3.

Таблица 3

Расчет геохимического фона территории исследований

Химический элемент	Макс. значение	Мин. значение	Фон	Стандартное отклонение	Коеф. вариации	Мин. аномальное
V	262,2	130,6	219,4	40,6	0,2	259,9
Mn	995,5	339,2	674,4	183,1	0,3	857,5
Ni	54,4	19,1	34,8	10,7	0,3	45,5
Cu	56,9	17,7	29,3	12,4	0,4	41,6
Zn	119,2	52,5	80,3	17,8	0,2	98,1
As	12,0	5,1	7,7	2,0	0,3	9,7
Cd	1,3	0,3	0,7	0,3	0,4	1,0
Pb	64,5	13,3	29,3	17,3	0,6	46,6

Максимальные значения по содержанию элементов, учитываемых в исследовании, превышают фоновые значения. Геохимический фон территории

исследований характеризуется геохимическим рядом со смешанной геохимической специализацией (преимущественно литофильной):

$$\frac{Mn}{674} > \frac{V}{219} > \frac{Zn}{80} > \frac{Ni}{35} > \frac{Cu}{29} = \frac{Pb}{29} > \frac{As}{8} > \frac{Cd}{0,7}$$

Все исследованные пробные площадки на территории Собственно-Качканарского месторождения объединены в девять групп по растительным сообществам (табл. 4). Для каждой из этих групп построен геохимический ряд. Нами выделено пять групп по сходству геохимической специализации на исследуемых пробных площадках. В группу № 1 (ПП 15, 17, 19) вошли площадки, в почвах которых преобладает содержание литофильных (Mn, V), халькофильных (Zn, Cu) и сидерофильных (Ni) элементов, что говорит о смешанной геохимической специализации. Геохимические ряды группы № 2 практически совпадают с рядами группы № 1 (ПП 6, 8, 18). При этом выделяется большее содержание Pb, чем Cu. Характер же геохимической специализации остается смешанным. В группе № 3 (ПП 4, 9, 11-14) можно говорить о преобладании литофильных (Mn, V) и халькофильных (Pb, Zn) элементов. Отмечая, что содержание Mn в данном случае имеет значительную степень вариации (от 371 мг / кг до 741 мг / кг). Еловый лес зеленомошник, образующий группу № 4, имеет геохимический ряд, похожий на предыдущие группы. Наибольшее отличие имеет группа № 5 (ПП 2), березовое редколесье. Наибольшее содержание отмечено для V, но оно не многим превышает содержание Mn в почвах данной пробной площадки.

Таблица 4

Результаты геохимического опробования почв, июль 2011 г.

Местоположение	Валовое содержание, мг / кг								Zc1	Zc2
	V	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb		
Территория Собственно-Качканарского месторождения										
Еловый лес зеленомошный	216	706	21	77	60	5,6	0,3	15	2,7	7,5
Березовое криволесье	237	339	19	19	53	6,4	0,3	16	1,1	5,3
Еловый лес зеленомошный	273	663	33	24	87	8,4	0,7	27	1,5	9,1
Еловый лес	131	371	39	31	98	12,9	1,3	56	3,8	14,8
Елово-березовое криволесье	286	962	54	19	80	6,7	0,5	18	2,3	7,6
Елово-березовое криволесье	231	758	23	19	69	5,9	0,7	25	1,2	6,6
Темнохвойный лес зеленомошник	167	703	25	19	58	5,3	0,4	15	1,0	3,9
Еловый зеленомошный лес	216	612	20	18	60	7,3	0,5	19	0,0	5,9
Темнохвойный зеленомошный лес	224	613	35	36	90	9,4	0,8	24	1,8	9,8
Темнохвойный зеленомошный лес	183	514	35	31	102	8,8	1,0	64	3,1	13,5
Темнохвойный зеленомошный лес	261	741	34	39	119	11,0	1,2	72	4,8	17,3
Елово-березовый смешанный лес	244	741	47	40	132	12,0	1,6	63	5,6	18,2
Смешанный лес	448	880	50	51	87	13,0	0,8	30	4,5	15,8
Смешанный лес	258	534	65	57	79	6,7	0,6	20	3,0	9,8
Хвойное редколесье	293	690	29	18	67	6,7	0,5	19	1,4	6,6
Хвойно-березовое редколесье	262	996	44	19	77	5,1	0,5	13	1,9	5,8
Территория Гусевгорского месторождения										
Отвал № 6	351	1027	28	347	83	4,5	0,2	7	13,0	22,0
В 150 м от отвала № 6	215	348	50	35	64	6,7	0,6	18	1,7	7,2

Местоположение	Валовое содержание, мг / кг								Zc ₁	Zc ₂
	V	Mn	Ni	Cu	Zn	As	Cd	Pb		
В 100 м от отвала №6	198	317	51	36	71	6,0	0,6	21	1,7	7,3
В 50 м от отвала №6	273	802	58	29	75	7,3	0,4	18	2,1	8,1
Отвал 4	240	790	30	251	114	1,6	0,1	3	9,3	15,2
В 100 м от отвала № 4	234	906	64	39	71	8,6	0,6	27	2,7	10,2
В 200 м от отвала № 4	146	581	70	12	47	4,7	0,2	12	2,0	4,3
В 300 м от отвала № 4	189	865	65	30	48	5,7	0,3	13	2,2	5,8
Отвал 7	442	1119	76	252	82	3,5	0,2	7	11,5	19,3
Отвал 1	369	1253	79	107	63	3,5	0,1	5	6,5	11,3
Гусева гора, 200 м от карьера	293	868	96	126	131	11,9	1,1	52	9,1	22,4
В 100 м от отвала 2	176	1025	74	34	65	3,0	0,1	8	2,8	5,0
В 200 м от отвала 2	176	574	27	29	51	4,1	0,1	10	1,0	3,3
В 300 м от отвала 2	118	149	23	54	29	3,8	0,3	17	1,8	4,5
Вблизи цеха ЦВВР	116	871	98	14	55	3,8	0,2	14	3,1	4,9
В 200 м от Южной залежи	292	742	66	25	68	5,9	0,3	19	2,3	7,6
В 300 м от Южной залежи	119	508	31	16	37	3,3	0,1	10	0,0	1,9
В 400 м от Южной залежи	117	354	25	14	41	3,1	0,1	11	0,0	1,8
Отвалы золотодобычи										
д. Верх-Ис	161	670	108	66	85	8,5	0,2	12	4,5	10,7
р. Косья, берег реки	135	2865	657	31	53	7,6	0,1	11	22,2	28,4
В 50 м от р. Косья	148	4288	856	39	59	12,4	0,1	10	30,9	39,7
В 100 м от р. Косья	126	2672	977	31	58	6,5	0,2	11	31,1	38,3
Зона потенциального воздействия										
Берег пруда, за г. Валерьяновск	126	427	27	20	40	4,2	0,1	14	0,0	2,8
В 50 м от пруда за г. Валерьяновск	130	629	32	26	50	3,9	0,1	14	0,0	3,0
В 100 м от пруда за г. Валерьяновск	111	431	32	26	47	4,4	0,1	11	0,0	2,8
Вблизи санатория Чайка	142	604	50	32	63	3,2	0,1	7	1,5	3,5
Вторичный березовый лес	152	736	43	22	85	2,3	0,1	7	1,4	2,9
Березовый лес	117	607	23	27	48	3,7	0,1	10	0,0	2,4
Березовый крупнотравный лес	150	856	37	55	79	5,4	0,3	15	2,2	6,3
Березово-еловый заболоченный лес	237	1045	35	103	100	2,8	0,2	11	4,4	8,4
Елово-пихтовый зеленомошный лес	216	1024	25	16	61	3,1	0,1	9	1,5	3,2
Еловый лес	187	2441	26	71	236	5,3	0,3	11	7,0	11,9
д. Косья	121	547	32	56	49	5,9	0,1	14	1,9	5,4
Сосновый лес	143	669	23	43	46	3,6	0,1	11	1,5	3,5
Сосновый зеленомошный лес	129	537	14	15	39	3,0	0,1	11	0,0	1,9
Сосновый зеленомошный лес	144	714	17	35	97	7,3	1,1	87	4,0	14,7
Еловый лес	113	624	27	22	48	4,8	0,2	14	0,0	3,0
Березовый лес	187	464	17	49	78	2,6	0,2	11	1,7	4,2
Смешанный лес	128	427	28	31	57	3,5	0,1	9	1,1	2,7
Березово-осиновый лес	110	498	26	22	45	3,6	0,2	14	0,0	2,4
Сосновый лес	116	678	35	18	60	4,1	0,2	15	1,0	3,1
Смешанный лес	199	580	28	21	49	3,4	0,2	13	0,0	3,1
Местный фон	219,4	674,4	34,8	29,3	80,3	7,7	0,7	29,3		
Фон для почв Урала	100,0	800,0	30,0	20,0	50,0	2,0	0,5	10,0		

Важной частью исследования являлось изучение почв под воздействием отвалов месторождения.

Для территории отвала № 6 видна тенденция уменьшения содержания V, Mn и Zn при отдалении пробных площадок от отвала на 50, 100 и 150 м. Высокое содержание Cu отмечено только на пробной площадке, заложенной на территории самого отвала. Содержание Ni, As, Cd и Pb при удалении от отвала увеличивается. Следовательно, можно говорить о том, что под влиянием отвала № 6 происходит увеличение содержания в почвах литофильных (V, Mn) и халькофильных (Zn, Cu) элементов. Геохимический ряд для почв на территории отвала:

$$\frac{Mn}{623} > \frac{V}{259} > \frac{Cu}{112} > \frac{Zn}{73} > \frac{Ni}{47} > \frac{Pb}{16} > \frac{As}{6,1} > \frac{Cd}{0,5}.$$

Характер распределения тяжелых металлов относительно отвала № 4 схож со спецификой их распределения для отвала № 6. С увеличением расстояния от отвала наблюдается уменьшение содержания V, Mn, Cu, Zn, Pb. Причем наибольшая разница между содержанием элемента в точке отбора проб на отвале и по отдалению от него отмечена для Cu. Геохимический ряд для почв на территории отвала:

$$\frac{Mn}{786} > \frac{V}{202} > \frac{Cu}{83} > \frac{Zn}{70} > \frac{Ni}{57} > \frac{Pb}{14} > \frac{As}{5,2} > \frac{Cd}{0,2}.$$

Геохимический ряд для территории влияния отвала № 1 и геохимический ряд для территории влияния отвала № 7 в целом имеют смешанный характер с преобладанием литофильных (Mn, V) и халькофильных (Cu, Zn) элементов.

$$\text{Ряд отвала № 1: } \frac{Mn}{1253} > \frac{V}{369} > \frac{Cu}{107} > \frac{Ni}{79} > \frac{Zn}{63} > \frac{Pb}{5} > \frac{As}{3,5} > \frac{Cd}{0,1}.$$

$$\text{Ряд отвала № 7: } \frac{Mn}{1119} > \frac{V}{442} > \frac{Cu}{252} > \frac{Zn}{82} > \frac{Ni}{76} > \frac{Pb}{7} > \frac{As}{3,5} > \frac{Cd}{0,2}.$$

При удалении от отвала № 2 уменьшается снижение содержания V, Mn, Ni, Zn. Содержание Cu, As, Cd, Pb, напротив, увеличивается. Геохимический ряд для территории влияния отвала № 2 представлен с преобладанием литофильных элементов, но их содержанием значительно меньше, чем в зонах влияния других отвалов:

$$\frac{Mn}{583} > \frac{V}{157} > \frac{Zn}{48} > \frac{Ni}{41} > \frac{Cu}{39} > \frac{Pb}{12} > \frac{As}{3,6} > \frac{Cd}{0,2}.$$

Отмечено резкое увеличение содержания элементов вблизи цеха ведения взрывных работ. Наблюдается большее содержание литофильных и халькофильных элементов, в частности Mn, Ni, Zn. Геохимический ряд для территории вблизи цеха ведения взрывных работ следующий:

$$\frac{Mn}{871} > \frac{V}{116} > \frac{Ni}{98} > \frac{Zn}{55} > \frac{Cu}{14} = \frac{Pb}{14} > \frac{As}{3,8} > \frac{Cd}{0,2}.$$

Под влиянием южной залежи не происходит большого накопления тяжелых металлов в почвах. По отдалению от залежи содержание всех элементов уменьшается. Геохимический ряд для территории влияния южной залежи имеет литофильный характер, с преобладанием Mn и V:

$$\frac{Mn}{535} > \frac{V}{176} > \frac{Zn}{49} > \frac{Ni}{41} > \frac{Cu}{18} > \frac{Pb}{13} > \frac{As}{4,1} > \frac{Cd}{0,2}.$$

Суммарное загрязнение почв тяжелыми металлами превышает допустимый уровень (16) под влиянием карьера (200 м от карьера), на территории отвала № 7 и № 6. Можно говорить о формировании максимальных значений суммарного

загрязнения почв тяжелыми металлами в пробах, наиболее близких к отвалам, и постепенное уменьшение этих значений по удалению от отвалов.

Под влиянием золотодобычи можно отметить резкое увеличение содержания металлов по сравнению с предыдущими отвалами. Средний геохимический ряд для территории влияния золотодобычи с явным смешанным характером накопления элементов, преобладают литерофильные и сидерофильные элементы:

$$\frac{Mn}{2624} > \frac{Ni}{650} > \frac{V}{143} > \frac{Zn}{64} > \frac{Cu}{42} > \frac{Pb}{11} > \frac{As}{9} > \frac{Cd}{0,2}.$$

Наибольшее значение суммарного химического загрязнения почв тяжелыми металлами зафиксировано вблизи реки Косья (в 50 м от р. Косья и в 100 м от р. Косья). Превышение показателя не отмечено лишь на точке д. Верх-Ис, на других площадках отмечено высокое превышение суммарного показателя химического загрязнения. В ходе анализа влияния золотодобычи на элементарный состав почв можно говорить о значительном повышении содержания Mn и Ni.

Относительно фонового содержания элементов в почвах Урала отмечено умеренно опасное загрязнение, связанное с повышенным естественным содержанием V, Ni, Zn и As.

Помимо естественных почв анализировались и пробы, отобранные на антропогенно-нарушенных землях. Из них наибольший показатель суммарного загрязнения отмечен на отвалах, сформированных дражной добычей золота в прошлом (отвалы золотодобычи). Данные отвалы не рекультивированы и представляют собой невысокие гряды высотой около 1,5 м. Поверхность гряд частично задернована. В междюговых понижениях скапливается мелкозем мощностью до 20 см. Участки самозарастания отвалов в настоящее время заняты вторичными смешанными лесами.

Умеренно опасный уровень загрязнения отмечен также в грунтах на отвалах вскрышных пород № 6 и № 4, которые образованы в результате разработки месторождения.

В естественных почвах выявлены незначительные превышения ПДК (менее 2 ПДК) по Mn и ОДК (менее 2 ОДК) по Cu, Zn, Cd, Pb. Повышенное содержание микроэлементов в почве связано с природными особенностями исследуемой территории. Природный фон по V и As превышает ПДК, поэтому во всех пробах зарегистрировано превышение нормативов по V и в большинстве проб по As. По Ni природный фон близок к ОДК, в связи с этим в большей части проб отмечено превышение норматива.

Заключение. Разработка месторождения железа происходит на территории с преобладанием буроземов (буроземы горно-лесные) или горно-лесных неоподзоленных почв, при ограниченном распространении подзолов. Характерной особенностью морфологического строения горных почв является нечетко выраженная дифференциация профиля на генетические горизонты или слабое ее проявление и сильная хрящеватость профиля. Прimitивно-аккумулятивные почвы верхних частей склонов и буроземы горно-лесные формируются в условиях ксероморфного почвообразования и выветривания.

Геохимический фон территории исследований характеризуется геохимическим рядом со смешанной геохимической специализацией (преимущественно литерофильной):

$$\frac{Mn}{674} > \frac{V}{219} > \frac{Zn}{80} > \frac{Ni}{35} > \frac{Cu}{29} = \frac{Pb}{29} > \frac{As}{8} > \frac{Cd}{0,7}.$$

Средний геохимический ряд для Собственно-Качканарского месторождения по всем исследуемым биотопам представлен следующим образом:

$$\frac{Mn}{676} > \frac{V}{242} > \frac{Zn}{83} > \frac{Ni}{36} > \frac{Cu}{33} > \frac{Pb}{32} > \frac{As}{8} > \frac{Cd}{0,7}.$$

Данный геохимический ряд отличается высоким содержанием V, Zn, Ni, Pb, As и достаточно низким содержанием Mn.

Эксплуатация железнорудного месторождения приводит к изменению геохимического ряда: увеличивается концентрация меди и цинка, снижается концентрация свинца.

$$\frac{Mn}{623} > \frac{V}{259} > \frac{Cu}{112} > \frac{Zn}{73} > \frac{Ni}{47} > \frac{Pb}{16} > \frac{As}{6,1} > \frac{Cd}{0,5}.$$

При золотодобыче выявлено формирование смешанного геохимического ряда $\frac{Mn}{2624} > \frac{Ni}{650} > \frac{V}{143} > \frac{Zn}{64} > \frac{Cu}{42} > \frac{Pb}{11} > \frac{As}{9} > \frac{Cd}{0,2}$ с самым высоким содержанием Mn и Ni на всей исследуемой территории месторождения.

Отмечено резкое увеличение содержания элементов вблизи цеха ведения взрывных работ. Наблюдается большее содержание литофильных и халькофильных элементов, в частности Mn, Ni, Zn.

Величина суммарного показателя загрязнения почв тяжелыми металлами окружающих месторождение железа изменяется в пределах от допустимого уровня к умеренно опасному. Отмечено превышение нормативов по концентрации V, As и Ni, что объясняется повышенным геохимическим фоном данной территории. Наблюдается повышенное содержание Cd и Pb относительно фона для почв Урала вблизи карьера.

Список литературы

1. Алексеенко В. А. Геохимия окружающей среды : учеб. пос. / В. А. Алексеенко, С. А. Бузмаков, М. С. Панин. – Пермь : Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2013. – 359 с.
2. Алексеенко В. А. Экологическая геохимия : учебник / В. А. Алексеенко. – Москва : Логос, 2000. – 627 с.
3. Алексеенко В. А. Металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области : учеб. пос. / В. А. Алексеенко, А. В. Суворинов, В. А. Алексеенко, А. Б. Бофанова. – Москва : Логос, 2002. – 312 с.
4. Бузмаков С. А. Антропогенная трансформация природной среды / С. А. Бузмаков // Географический вестник. – 2012. – № 4 (23). – С. 46–50.
5. Бузмаков С. А. Определение фоновое содержания циклических элементов в почвах Тулымского камня (Пермский край) / С. А. Бузмаков, Е. А. Дзюба // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2016 – № 3 (191). – С. 49–57.
6. Валов М. В. Влияние первичных и вторичных экологических факторов на динамику почвенно-растительного покрова долгопойменных территорий интразональных дельтовых ландшафтов реки Волги / М. В. Валов, А. Н. Бармин, А. Ю. Колотухин, Е. А. Бармина // Геология, география и глобальная энергия. – 2017. – № 2 (65). – С. 68–79.
7. Валов М. В. Антропогенные агенты трансформации почвенно-растительного покрова дельты р. Волга: характеристика, динамика, способы рационализации / М. В. Валов, А. Н. Бармин, Д. А. Неводчиков, М. А. Каражигитов // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2017. – № 3 (69). – С. 222–236.
8. Вернадский В. И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения / В. И. Вернадский. – Москва : Наука, 2001. – 376 с. – (Серия «Библиотека трудов академика В. И. Вернадского»).
9. Вострокнутов Г. А. Временное руководство на проведение геохимических исследований при геоэкологических работах / Г. А. Вострокнутов. – Екатеринбург, 1991.
10. Голик В. И. Современные технологии извлечения металлов из хвостов обогащения и переработки руд с целью их комплексного использования / В. И. Голик, В. И. Комашенко, А. В. Поляков // Известия ТулГУ. Науки о Земле. – 2016. – Вып. 1. – С. 100–110.

11. Голик В. И. Экологические проблемы разработки рудных месторождений КМА / В. И. Голик, О. Н. Полухин, А. Н. Петин, В. И. Комашенко // Горный журнал. – 2013. – № 4. – С. 91–98.
12. Дерягина С. Е. Состояние и перспективы изменения воздействия ОАО «Евраз Качканарский горно-обогатительный комбинат» на окружающую среду при освоении Собственно-Качканарского месторождения / С. Е. Дерягина, О. В. Астафьева, А. Н. Медведев // Экономика природопользования. – 2013. – № 1. – С. 24–30.
13. Зубарева Р. С. К характеристике почв еловых лесов горной полосы Среднего Урала / Р. С. Зубарева, В. П. Фирсова // Почвы и гидрологический режим лесов Урала. АН СССР. Уральский филиал. Тр. ин-та биологии. – 1963. – Вып. 36. – С. 5–28.
14. Инструкция по геохимическим методам поисков рудных месторождений. – Москва : Недра, 1983. – 191 с.
15. Лебедев Б. А. Свердловская область / Б. А. Лебедев // Агрохимическая характеристика почв СССР. – Москва : Наука, 1964. – С. 98–137.
16. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель. – Москва : Минприроды России, 1996.
17. Соловов А. П. Геохимические методы поисков рудных месторождений / А. П. Соловов, А. А. Матвеев. – 2-е изд. – Москва : МГУ, 1985. – 232 с.
18. Теплая Г. А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы) / Г. А. Теплая // Астраханский вестник экологического образования. – 2013. – № 1 (23). – С. 182–192.
19. Урусевская И. С. Типы поясности и почвенно-географическое районирование горных систем России / И. С. Урусевская // Почвоведение. – 2007. – № 11. – С. 1285–1297.
20. Фирсова В. П. Лесные почвы Свердловской области и их изменения под влиянием лесохозяйственных мероприятий / В. П. Фирсова // АН СССР : тр. Ин-та экологии растений и животных. – 1969. – Вып. 63. – 150 с.
21. Фирсова В. П. Особенности почвообразования в северо-таежной подзоне Урала / В. П. Фирсова // Лесные почвы северной тайги Урала и Зауралья. АН СССР Уральский филиал. – 1970. – Вып. 76. – С. 3–17.
22. Adriano D. C. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals, Springer, New York, NY, USA / D. C. Adriano. – 2nd ed. – 2003.
23. Angelovičová Lenka. Toxicity of heavy metals to soil biological and chemical properties in conditions of environmentally polluted area middle Spiš (Slovakia) / Lenka Angelovičová, Lenka Bobuľská, Danica Fazekašová // Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences. – 2015. – Vol. 10, № 1. – P. 193–201.
24. Kelepertsis A. Multivariate statistics and spatial interpretation of geochemical data for assessing soil contamination by potentially toxic elements in the mining area of Stratoni, North Greece / A. Kelepertsis, A. Argyraki, D. Alexakis // Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis. – 2006. – № 6 (4). – P. 349–355.
25. Wuana R. A. Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation / R. A. Wuana, F. E. Okieimen. – 2011.

Reference

1. Alekseenko V. A., Buzmakov S. A., Panin M. S. *Geohimiya okruzhayushchey sredy* [Geochemistry of Environmental], Perm, Perm State University National Research Publ. House, 2013. 359 p.
2. Alekseenko V. A. *Ekologicheskaya geohimiya* [Ecological Geochemistry], Moscow, Logos Publ., 2000. 627 p.
3. Alekseenko V. A., Suvorinov A. V., Alekseenko V. A., Bofanova A. B. *Metally v okruzhayushchey srede. Pochvy geokhimicheskikh landshaftov Rostovskoy oblasti* [Metals in the Environment. The Soils of Geochemical Landscapes of Rostov Region], Moscow, Logos Publ., 2002. 312 p.
4. Buzmakov S. A. Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy [Anthropogenous transformation of the environment]. *Geograficheskij vestnik* [Geographical Bulletin], 2012, no. 4 (23), pp. 46–50.
5. Buzmakov S. A., Dzyuba ye. A. *Opreделение fonovogo soderzhaniya tsiklicheskich elementov v pochvakh Tulym'skogo kamnya (Permskiy kray)* [Determination of the background content of cyclic elements in the soils of the Tulim stone (Perm Krai)]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Severo-Kavkazskiy region* [Proceedings of the higher educational institutions. North-Caucasian Region. Series: Natural Sciences], 2016, no. 3 (191), pp. 49–57.

6. Valov M. V., Barmin A. N., Kolotukhin A. Yu., Barmina Ye. A. Vliyanie pervichnykh i vtorichnykh ekologicheskikh faktorov na dinamiku pochvenno-rastitel'nogo pokrova dolgopoyemnykh territoriy intrazonal'nykh del'tovykh landshaftov reki Volgi [Influence of primary and secondary environmental factors on the dynamics of soil-vegetation cover of long-flooded territories of intrazonal delta landscapes of the Volga River]. *Geologiya, geografiya i globalnaya energiya* [Geology, Geography and Global Energy], 2017, no. 2 (65), pp. 68–79.
7. Valov M. V., Barmin A. N., Nevodchikov D. A., Karazhigitov M. A. Antropogennyye agenty transformatsii pochvenno-rastitel'nogo pokrova del'ty r. Volga: kharakteristika, dinamika, sposoby ratsionalizatsii [Anthropogenic agents of the transformation of soil and vegetation cover of the Delta River. Volga: characteristics, dynamics, ways of rationalization]. *Uchenye zapiski krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Geografiya. Geologiya* [Scientific Notes of the Crimean Federal University named after V. I. Vernadsky. Geography. Geology], 2017, no. 3 (69), pp. 222–236.
8. Vernadskiy V. I. *Khimicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruzeniya* [Chemical Structure of the Earth's Biosphere and its Environment], Moscow, Nauka Publ., 2001. 376 p.
9. Vostroknutov G. A. *Vremennoe rukovodstvo na provedenie geokhimicheskikh issledovaniy pri geokologicheskikh rabotakh* [Temporary methodological guideline on conducting geochemical surveys after geo-ecological works], Yekaterinburg, 1991. 137 p.
10. Golik V. I., Komachshenko V. I., Polyakov A. V. Sovremennyye tekhnologii izvlecheniya metallov iz khvostov obogashcheniya i pererabotki rud s tselyu ikh kompleksnogo ispol'zovaniya [Modern technologies of extracting metals from reject and reprocessing ore wastes for their complex using]. *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle* [Proceedings of the Tula State University. Sciences of Earth], 2016, no. 1, pp. 100–110.
11. Golik V. I., Polukhin O. N., Petin A. N., Komachshenko V. I. Ekologicheskie problemy razrabotki rudnykh mestorozhdeniy KMA [Environmental problems of working out of ore deposits of Kursk Magnetic Anomaly]. *Gornyy zhurnal* [Mining Journal], 2013, no. 4, pp. 91–98.
12. Deryagina S. Ye., Astafeva O. V., Medvedev A. N. Sostoyaniye i perspektivy izmeneniya vozdeystviya OAO «Yevraz Kachkanarskiy gorno-obogatitel'nyy kombinat» na okruzhayushchuyu sredu pri osvoenii Sobstvenno-Kachkanarskogo mestorozhdeniya [State and prospects of changing the environmental impact of JSC «EVRAZ Kachkanarsky ore-mining and processing plant» during the Sobstvenno-Kachkanarsky deposit development]. *Ekonomika prorodopolzovaniya* [Nature Management Economics], 2013, no. 1, pp. 24–30.
13. Zubareva R. S., Firsova V. P. K kharakteristike pochv elovykh lesov gornoy polosy Srednego Urala [On soil characteristics in spruce forests of the mountain band in the Middle Ural region]. *Pochvy i gidrologicheskiy rezhim lesov Urala. AN SSSR. Uralskiy filial. Tr. Inta biologii* [Soils and hydrological regime of the forests of the Urals. Academy of Sciences of the USSR. Ural branch. Proceedings of the Institute of Biology] 1963, issue 36, pp. 5–27.
14. *Instruktsiya po geokhimicheskim metodam poiskov rudnykh mestorozhdeniy* [Instruction on methods of geochemical prospecting of ore deposits], Moscow, Nedra Publ., 1983. 191 p.
15. Lebedev B. A. Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv SSSR [Agrochemical characteristics of the USSR soils]. *Agrokhimicheskaya kharakteristika pochv SSSR* [Agrochemical Characteristics of the Soil of the USSR], Moscow, Nauka Publ., 1964, pp. 98–137.
16. *Metodicheskie rekomendatsii po vyyavleniyu degradirovannykh i zagryaznennykh zemel* [Methodological recommendation for identification of degraded and polluted lands], Moscow, Ministry of Environment of Russia Publ. House, 1996, pp. 177–196.
17. Solovov A. P., Matveev A. A. Geokhimicheskie metody poiskov rudnykh mestorozhdeniy [Geochemical prospecting methods of ore deposits], Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ. House, 1985. 232 p.
18. Teplaya G. A. Tyazhelye metally kak faktor zagryazneniya okruzhayushchey sredy (obzor literatury) [Heavy metals as a factor of environmental pollution (review)], *Astrakhanskiy vestnik ekologicheskogo obrazovaniya* [Astrakhan Bulletin of Ecological Education], 2013, no. 1 (23), pp. 182–192.
19. Urusevskaya I. S. Tipy poyasnosti i pochvenno-geograficheskoe rayonirovaniye gornyykh sistem Rossii [Types of the vertical soil zonality and the soil-geographic zoning of mountain systems in Russia]. *Pochvovedenie* [Soil Science], 2007, vol. 40, no. 11, pp. 1145–1157.
20. Firsova V. P. *Lesnye pochvy Sverdlovskoy oblasti i ikh izmeneniya pod vliyaniem lesokhozyaystvennykh meropriyatiy* [Soils in the taiga zone of the Ural and Trans-Ural regions], Moscow: Nauka, 1977. 176 p.
21. Firsova V. P. Osobennosti pochvoobrazovaniya v severo-taizhnoy podzone Urala. [Peculiarities of soil formation in the north taiga subzone of the Urals]. *Lesnye pochvy severnoy taygi Urala i*

Zauralya. AN SSSR Uralskiy filial [Forest soils of the Northern taiga of the Urals and the Trans-Urals. Ural Branch, Russian Academy of Sciences], 1970, issue 76, pp. 3–17.

22. Adriano D. C. *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals*, Springer, New York, NY, USA. 2nd ed. 2003.

23. Angelovičová Lenka, Bobuľská Lenka, Fazekašová Danica. Toxicity of heavy metals to soil biological and chemical properties in conditions of environmentally polluted area middle Spiš (Slovakia). *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2015, vol. 10, no. 1, pp. 193–201.

24. Kelepertsis A., Argyraki A., Alexakis D. Multivariate statistics and spatial interpretation of geochemical data for assessing soil contamination by potentially toxic elements in the mining area of Stratoni, North Greece. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 2006, no. 6 (4), pp. 349–355.

25. Wuana R. A., Okieimen F. E. *Heavy metals in contaminated soils: a review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation*, 2011.

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОЕМОВ АГЛОМЕРАТОВ В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОГО МНОГОПЛАНОВОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Крыжановская Галина Викторовна, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: GalaJim@mail.ru

Иолин Михаил Михайлович, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: miolin76@mail.ru

Шарова Ирина Сергеевна, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: is_sharova@ya.ru

Шведова Ирина Николаевна, старший преподаватель, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, e-mail: inshvedova@mail.ru

Борзова Анастасия Сергеевна, ассистент, Астраханский государственный университет, 414000, Российская Федерация, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: fler.16@mail.ru

В условиях интенсивных темпов урбанизации, при высоком уровне техногенного загрязнения и умеренном, резко континентальном климате показаны многочисленные факторы воздействия на гидрографическую сеть г. Астрахани. Селитебная территория представляет собой сложную экосистему, с повышенной концентрацией в пространстве промышленного производства и производства услуг, а также транспортных средств и повышенной рекреационной нагрузкой на акватории. Все это приводит к росту антропогенной нагрузки на водотоки и усиливает их загрязнение. Разносторонние исследования водоемов агломератов с применением различных методов в условиях интенсивного многопланового использования водных ресурсов является наиболее эффективным подходом в вопросах улучшения хозяйственных, социально-экономических и геоэкологических условий гидрографической сети города. Решить эту проблему позволяет проведение полевых и лабораторных исследований с применением химического метода анализа, поскольку он является системным и учитывает взаимодействие гео-, эко- и техносистем. Водоемы городской среды – классический пример геоэкологической системы, являясь природно-антропогенными объектами, представляющими собой как единое, так и разнонаправленное взаимодействие природных, техногенных и социально-экономических систем.

Ключевые слова: геоэкологические исследования, геохимический анализ, урбанизированные территории, экологический мониторинг, техносистема, исследование аквальных комплексов, динамика качества вод, внутригородские водоемы