

научный центр Российской академии наук);
Россия, 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск,
ул. Пушкинская, д. 11, Институт геологии Карельского
научного центра РАН

e-mail: rybakovd@krc.karelia.ru

Наталья Владимировна Крутских

кандидат географических наук, старший научный
сотрудник Института геологии, Федеральное
государственное бюджетное учреждение науки
Федеральный исследовательский центр «Карельский
научный центр Российской академии наук»;

Россия, 185910, Республика Карелия, г. Петрозаводск,
ул. Пушкинская, д. 11, Институт геологии Карельского
научного центра РАН;

e-mail: natkrut@gmail.com

Natalya V. Krutskikh

Candidate of Geographical Sciences, Senior Researcher,
Institute of Geology, Karelian Research Center of the
Russian Academy of Sciences;

11, Pushkinskaya st., Petrozavodsk, 185910, Republic of
Karelia, Russia

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Рыбаков Д.С., Крутских Н.В. Геоэкологические закономерности распределения молибдена и вольфрама при антропогенной трансформации геосистем Прионежья // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. №1(56). С. 81–95 doi 10.17072/2079-7877-2021-1-81-95.

Please cite this article in English as:

Rybakov D.S., Krutskikh N.V. Geoeological regularities of the molybdenum and tungsten distribution during anthropogenic transformation of the geosystems of Prionezhye. *Geographical Bulletin*. 2021. No. 1(56). Pp. 81–95. doi 10.17072/2079-7877-2021-1-81-95.

УДК 504.54

DOI: 10.17072/2079-7877-2021-1-95-108

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТНОГО ФОНОВОГО СОДЕРЖАНИЯ НЕКОТОРЫХ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВАХ ПЕРМСКОГО КРАЯ

Екатерина Алексеевна Дзюба

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6097-745X>, Scopus Author ID: 57217048414, SPIN: 1070-5404

e-mail: aea_eco@mail.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь

Согласно закону В.И. Вернадского химические элементы в природных объектах распространены повсеместно, но неравномерно. Знание содержания химических элементов на конкретной территории дает возможность решать различные экологические проблемы. В результате хозяйственной деятельности происходит антропогенная трансформация природной среды, обуславливая изменение геохимических свойств ландшафтов. Для объективной оценки антропогенного воздействия в процессе исследования различных территорий необходимо учитывать фоновые содержания макро- и микроэлементов. В статье приводятся результаты исследования содержания некоторых (Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe₂O₃, MnO, Cr, V, TiO₂) макро- и микроэлементов в ландшафтах на территории Пермского края. Для определения содержания данных элементов был применен метод рентгенофлуоресцентного анализа. В результате определена геохимическая специализация территории Пермского края и природных районов Пермского края (Северный Урал, Западный Урал, Средняя тайга, Южная тайга, Хвойно-широколиственные леса и Кунгурская лесостепь), построены геохимические ряды, выделены аккумулирующиеся и рассеивающиеся элементы. Кроме того, определено фоновое содержание исследуемых элементов для каждого природного района и Пермского края в целом, которое можно использовать при оценке антропогенного воздействия на природную среду.

Ключевые слова: геохимия ландшафтов, макро- и микроэлементы, местное фоновое содержание.



DETERMINATION OF LOCAL BACKGROUND CONTENT OF SOME MACRO- AND MICROELEMENTS IN THE SOILS OF THE PERM REGION**Ekaterina A. Dziuba**ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-6097-745X>, Scopus Author ID: 57217048414, SPIN: 1070-5404e-mail: aea_eco@mail.ru

Perm State University, Perm

According to the V.I. Vernadsky law, chemical elements are distributed unevenly in natural objects. Knowledge of the content of chemical elements in a particular area helps in solving various environmental problems. As a result of economic activity, there occurs anthropogenic transformation of the natural environment, including changes in the geochemical properties of landscapes. For an objective assessment of the anthropogenic impact when studying various territories, it is necessary to take into account the background content of macro- and microelements. Since there is a constant anthropogenic impact on the natural environment, the data on background content must be updated. The article presents the results of the content study conducted for some macro- and microelements (Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe₂O₃, MnO, Cr, V, TiO₂) in landscapes in the Perm region. To determine the content of these elements, the method of X-ray fluorescence analysis was applied. As a result, the geochemical specialization of the region and its natural areas (Northern Urals, Western Urals, Middle Taiga, South Taiga, Mixed Coniferous-broad-leaved Forests and Kungur forest-steppe) was determined, geochemical series were constructed, accumulating and dispersing elements were identified. The local background content of the studied elements was determined for each natural area and also the Perm region as a whole. The data obtained can be used to assess the anthropogenic impact on the natural environment.

К е у в о р д с : landscape geochemistry, macro- and microelements, local background content.

Введение

Закон В.И. Вернадского о всеобщем рассеянии химических элементов утверждает, что во всех природных объектах есть все химические элементы, но их распространение носит неравномерный характер [9]. Почва, как биокосная система, не является исключением из данного закона. В природных комплексах элементы распределены неравномерно. Знание содержания химических элементов в исследуемой системе или отдельном объекте помогает в решении различных экологических проблем. Наряду с этим необходимо знать эталонные содержания химических элементов в подобных системах или объектах. Почва относится к числу особо важных объектов исследования в данной проблеме [2; 3].

В зависимости от геологического строения и преимущественного развития в отдельных регионах пород того или иного типа среднее содержание некоторых химических элементов в их пределах может существенно отличаться от содержания этих же элементов в других регионах и от кларка земной коры в целом [3]. По мнению В.И. Вернадского, употребление кларков для вычисления концентрации и рассеяния химических элементов конкретной местности в вопросах прикладного характера практически всегда будет дано неверное понятие. По его мнению, для практических задач нужно исходить не из кларков, а из среднего состава пород биосферы соответствующей местности [9]. Чтобы охарактеризовать общие геохимические особенности таких регионов, было введено понятие местные, или региональные кларки [3]. Они представляют собой средние содержания химических элементов в земной коре определенных регионов и могут быть массовыми, атомными, объемными.

Содержание химических элементов и соотношение различных форм нахождения зависят от хозяйственного использования территории [12; 13]. Но во многих случаях установить среднее содержание для почв, до антропогенного воздействия на них, практически невозможно [26].

Для выявления местного фонового содержания элементов нужно выбрать такие участки, которые являются типичными для региона и подвергаются минимальному загрязнению по сравнению с территориями, испытывающими постоянную антропогенную нагрузку. Почва в данном случае является депонирующей средой, а загрязнение происходит неравномерно. Из этого следует, что для каждого региона необходимо устанавливать свои фоновые местные содержания элементов [1].

Большая работа по изучению распределения химических элементов в почвах была проведена А.П. Виноградовым, в особенности для европейской части России. Но к настоящему времени кларки многих элементов подлежат уточнению [3] в связи с необходимостью более подробного изучения геохимических особенностей.

Геохимические исследования почв, включающие в себя количественный и качественный анализы, определение содержания химических веществ и элементов, позволяют выявить степень антропогенной трансформации окружающей среды и ее компонентов в отдельности [7].

Важную роль при геохимическом анализе почв играет определение содержания микро- и макроэлементов. В повышенных концентрациях они оказывают токсическое действие на растения, животных и человека [1–3]. Почва является основной средой, в которую попадают микро- и макроэлементы, в том числе из атмосферного воздуха и водной среды. Из почвы элементы усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу более высокоорганизованным животным [2]. Продолжительность пребывания загрязняющих компонентов в почве значительно выше, чем в других частях биосферы. Это приводит к изменению состава и свойств почвы как динамической системы и, в конечном итоге, вызывает нарушение равновесия экологических процессов [3]. При необходимости контроля над техногенным загрязнением почв микро- и макроэлементами принято определять их валовое содержание [4].

Геохимическим исследованиям почв в Пермском крае посвящены работы И.С. Копылова [14], Е.А. Ворончихиной [11], И.А. Самофаловой [17; 18], Е.А. Хайрулиной [22–25]. Особое внимание авторы работ уделяют содержанию макро- и микроэлементов в почвах [21], как наиболее распространенных из поллютантов. И.С. Копыловым [14] было определено среднее региональное содержание некоторых элементов для более обширной территории (Западный Урал и Приуралье, в которое входят, помимо Пермского края, Свердловская область и Башкортостан), с применением атомно-эмиссионного спектрального анализа.

Полученные в ходе данного исследования, фоновые содержания элементов могут быть применены при оценке антропогенного воздействия на природную среду, как фон.

Цель данного исследования – определение местного фонового содержания некоторых макро- и микроэлементов в почвах Пермского края.

Для выполнения были поставлены следующие задачи:

1. Отобрать пробы почв на типичных участках особо охраняемых природных территорий Пермского края в различных природных районах.
2. Измерить содержание макро- и микроэлементов в исследуемых почвах методом рентгенофлуоресцентного анализа.
3. Определить местное фоновое содержание макро- и микроэлементов для территории Пермского края.
4. Вычислить местное фоновое содержание макро- и микроэлементов для природных районов Пермского края.
5. Построить геохимические ряды и охарактеризовать геохимические особенности распространения макро- и микроэлементов на территории Пермского края и природных районов Пермского края.

Методы и материалы

Для установления закономерностей распределения макро- и микроэлементов в почвах в полевой период необходимо провести геохимическое опробование.

При изучении геохимических особенностей почв различных ландшафтов края основное внимание уделяется закономерностям распределения макро- и микроэлементов в гумусовом и подгумусовом горизонтах. По А.И. Перельману, именно для гумусового горизонта, так называемого «геохимического центра почв», характерно максимальное напряжение геохимических процессов в ландшафте [3].

Отбор почв проводится методом конверта, который представляет собой отбор смешанной пробы. Смешанный образец состоит из почвенных проб, взятых методом конверта из пяти точек. Первая проба отбирается из стенки разреза, а остальные – крест-накрест от первой точки на расстоянии 10–20 м. Масса пробы составляет 400 г. [2].

Определение содержания макро- и микроэлементов проводилось методом рентгенофлуоресцентного анализа на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре «СПЕКТРОСКАН МАКС-G» в лаборатории экологии и охраны природы ПГНИУ лично автором. Проводился количественный анализ по валовому содержанию в почвах: Sr (мг/кг), Pb (мг/кг), As (мг/кг), Zn (мг/кг), Ni (мг/кг), Co (мг/кг), Fe₂O₃ (%), MnO (мг/кг), Cr (мг/кг), V (мг/кг), TiO₂ (%).

Исследуемые макро- и микроэлементы разделены по группам в соответствии с классификацией В.М. Гольдшмидта [16] (с добавлениями данных В.В. Щербины). Группы делятся относительно распределения в различных типах природных соединений с учетом классификации А.Н. Заварицкого по элементам группы железа [16]. Исходя из данной классификации, в исследовании выделены три группы элементов: сидерофильные (Fe_2O_3 , TiO_2 , MnO , Cr , V , Ni , Co); халькофильные (Zn , Pb , As); литофильные (Sr).

По полученным результатам измерений были построены геохимические ряды (по абсолютным величинам, мг/кг).

Далее были рассчитаны кларки концентрации и рассеивания. Количественно отличие исследуемого содержания и кларка В.И. Вернадский [9] предложил выражать кларком концентрации (KK), представляющим собой отношение весового содержания данного элемента в природном объекте (C_i) к кларку литосферы (K): $KK = C_i / K > 1$.

Эта величина всегда больше 1. Если $KK=1$, то содержание элемента в объекте равно его содержанию в литосфере. В том случае, когда C_i значительно меньше K , для получения целых чисел и большей контрастности показателя целесообразно рассчитывать обратные величины – кларки рассеивания KP , показывающие, во сколько раз кларк больше содержания элемента в данном объекте: $KP = K / C_i > 1$.

По полученным расчетам KK и KP были построены ряды накопления и рассеивания, геохимические спектры.

Для статистической обработки полученных результатов использовалась программа Microsoft Excel 2010. Были рассчитаны следующие статистические показатели: среднее (\bar{x} , мг/кг), стандартное отклонение (σ , мг/кг), стандартная ошибка (SE_n , мг/кг), доверительный интервал (P , мг/кг), коэффициент вариации (CV , %). Местное фоновое содержание, которое принималось с учетом доверительного интервала, представлено в формате: $\bar{x} \pm P$, мг/кг (при 95% значимости по критерию Стьюдента). Равномерность полученного среднего содержания проверялась относительно CV , при значении которого выборка принималась как однородная (до 33%) или неоднородная (более 33%). Средние значения для природных районов взяты при обязательном условии, что CV – менее 33%.

В ходе исследования было проведено геохимическое опробование на 92 участках, относящихся к ООПТ. Несмотря на то, что не на всех категориях ООПТ установлен запрет на хозяйственное использование, негативное воздействие на них носит ограниченный характер [8; 19], а также подвергается периодическому мониторингу [20]. Мы считаем, что на них формируется геохимический фон территории благодаря формированию типичных для местности природных условий [15]. Данный фон важно учитывать при оценке загрязнения на территориях, испытывающих постоянную антропогенную нагрузку. Установление местного фона для региона – важная прикладная задача в области экологической геохимии. Учитывая, что ООПТ имеют повсеместное распространение в Пермском крае, располагаясь на наиболее типичных природных участках, они являются наиболее репрезентативными для изучения геохимического фона.

Пробные площадки были заложены на ООПТ в шести природных районах (рис. 1) Пермского края (I – Северный Урал; II – Западный Урал; III – Средняя тайга; IV – Южная тайга; V – Хвойно-широколиственные леса; VI – Кунгурская лесостепь).

Отдельные части региона различаются по своим природным особенностям, которые отражаются в комплексных и тематических районированиях края. Для учета пространственной неоднородности природной среды Пермского края выделяют природные районы [6]: Северный Урал, Западный Урал, Средняя тайга, Южная тайга, Хвойно-широколиственные леса и Кунгурская лесостепь.

Природный район Северный Урал расположен на северо-востоке Пермского края, занимая 6% территории Прикамья. Природный район Западный Урал простирается в восточной части Пермского края, занимая 20% территории региона. Здесь встречаются самые высокие на территории региона хребты, отдельные вершины которых достигают высот 1100–1400 м. Природный район Средняя тайга приурочен к северной части края и занимает 25% территории региона. Для района характерны сравнительно однообразный рельеф и значительная заболоченность. Природный район Южная тайга расположен в центральной части Пермского края и занимает 32% территории региона [5].

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

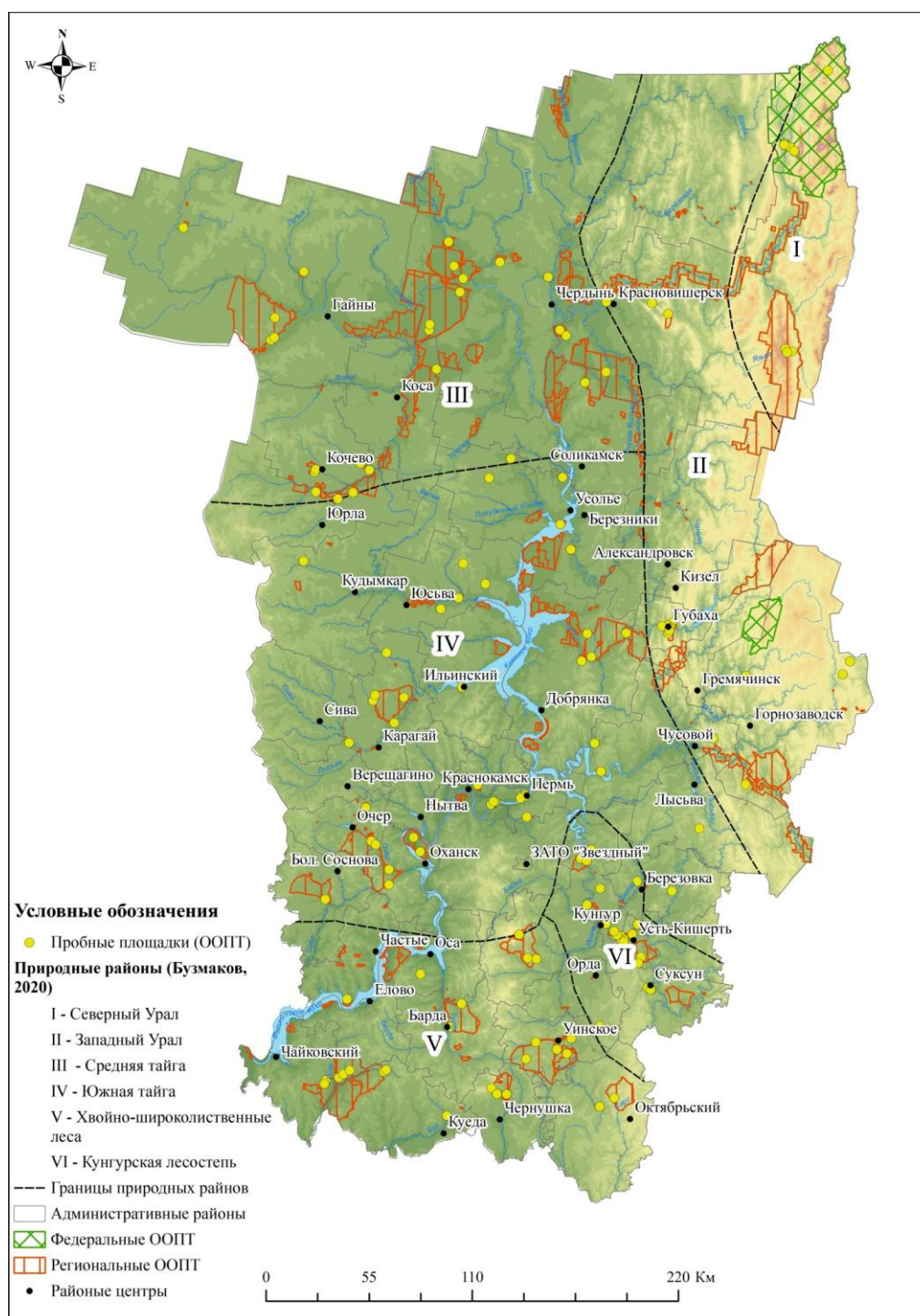


Рис. 1. Пробные площадки на территории Пермского края

Fig. 1. Sample plots in the Perm region

Специфическая особенность экосистем Южной тайги обусловлена появлением широколиственных пород, в первую очередь липы. Природный район Хвойно-широколиственных лесов расположен на юге Пермского края, составляя около 13% территории региона. Природный район Кунгурская лесостепь находится в юго-восточной части Пермского края, занимая около 4% территории региона. Для района характерно сильное развитие карстового процесса в известняках, гипсах и ангидридах перми [5].

Результаты

В результате проведенных исследований мы получили местное фоновое содержание исследуемого ряда макро- и микроэлементов для Пермского края и природных районов Пермского края (табл. 1).

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

Таблица 1

Местное фоновое содержание исследованных макро- и микроэлементов для природных районов Пермского края и среднее региональное содержание для Пермского края

Local background content of the studied macro- and microelements for natural areas of the Perm region and the average regional content for the Perm region, ($\bar{x} \pm P$, mg/kg)

Элемент	Показатель, мг/кг	Пермский край	I – Северный Урал	II – Западный Урал	III – Средняя тайга	IV – Южная тайга	V – Хвойно-широколиственные леса	VI – Кунгурская лессовая
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sr	n	300	35	40	44	50	45	86
	$\bar{x} \pm P$	238±9,6	85,1±14,4	186±25,2	229±23,4	290±22,0	229±23,3	239±12,3
	σ	86,1	28,0	61,7	72,8	92,0	76,4	68,2
	SE_n	5,75	8,07	14,5	13,8	13,1	13,7	7,35
Pb	CV	36%	33%	33%	32%	32%	33%	29%
	$\bar{x} \pm P$	15,07±0,56	18,1±2,5	16,7±2,15	15,7±1,65	14,6±1,17	12,05±1,20	15,1±0,90
	σ	5,01	18,1	5,25	5,12	4,89	3,94	4,96
	SE_n	0,33	1,39	1,24	0,97	0,70	0,71	0,54
As	CV	33%	27%	31%	33%	33%	33%	33%
	$\bar{x} \pm P$	7,52±0,25	6,91±1,01	7,13±0,92	5,77±0,62	7,83±0,62	8,43±0,85	7,69±0,35
	σ	2,27	1,97	2,25	1,93	2,60	2,80	1,94
	SE_n	0,15	0,57	0,53	0,37	0,37	0,50	0,21
Zn	CV	30%	29%	32%	33%	33%	33%	25%
	$\bar{x} \pm P$	59,0±2,00	54,6±7,9	67,1±8,73	47,1±4,87	64,7±4,99	62,4±5,03	55,9±2,77
	σ	17,99	15,3	21,4	15,1	20,8	16,5	15,3
	SE_n	1,20	4,41	5,03	2,86	2,97	2,97	1,65
Ni	CV	30%	28%	32%	32%	32%	26%	27%
	$\bar{x} \pm P$	40,9±1,66	30,7±3,1	40,4±5,24	16,1±1,77	34,5±2,77	52,3±4,58	46,3±2,08
	σ	15,00	6,03	12,8	5,52	11,6	15,1	11,5
	SE_n	1,00	1,74	3,02	1,04	1,65	2,70	1,24
Co	CV	37%	20%	32%	33%	33%	29%	25%
	$\bar{x} \pm P$	14,12±1,01	10,9±0,97	8,29±0,95	5,62±0,55	8,98±0,67	7,68±0,61	24,2±1,17
	σ	9,06	1,89	2,32	1,72	2,78	1,99	6,46
	SE_n	0,61	0,54	0,55	0,33	0,40	0,36	0,70
Fe ₂ O ₃	CV	64%	17%	28%	31%	31%	26%	27%
	$\bar{x} \pm P$	35004±1039	41718±4904	42554±5096	31901±2632	33771±2068	36039±3267	33530±1417
	σ	9369	9532	12464	8187	8634	10727	7841
	SE_n	626	2752	2938	1547	1233	1927	845
MnO	CV	27%	23%	29%	26%	26%	30%	23%
	$\bar{x} \pm P$	983±35,4	485±45,1	667±79,0	1068±67,5	991±78,2	1117±88,0	1027±52,9
	σ	320	87,8	193	210	326	289	293
	SE_n	21,4	25,3	45,5	39,7	46,6	51,9	31,6
MnO	CV	33%	18%	29%	20%	33%	26%	28%

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cr	$\bar{x} \pm P$	127±3,00	141,3±7,39	135±5,57	105±8,15	124±6,30	148±10,2	126±3,76
	σ	26,6	14,4	13,6	25,4	26,3	33,5	20,8
	SE_n	1,78	4,14	3,21	4,79	3,76	6,01	2,25
	CV	21%	10%	10%	24%	21%	23%	17%
V	$\bar{x} \pm P$	64,5±2,57	86,7±14,1	99,6±13,4	60,1±6,29	59,9±4,18	57,3±5,22	63,0±3,81
	σ	23,1	27,4	32,8	19,6	17,4	17,1	21,1
	SE_n	1,55	7,91	7,73	3,70	2,49	3,08	2,28
	CV	36%	32%	33%	33%	29%	30%	33%
TiO ₂	$\bar{x} \pm P$	7087±174	8766±1060	8107±796	6848±473	6722±333	6713±427	7061±248
	σ	1566	2060	1947	1473	1390	1402	1373
	SE_n	105	595	459	278	199	252	148
	CV	22%	23%	24%	22%	21%	21%	19%

Обсуждение

На территории природных районов Пермского края были выявлены типичные для них геохимические ряды: абсолютные (по содержанию в почвах, мг/кг), которые отображены в табл. 2, а также ряды накопления и рассеивания относительно кларка по А.П. Виноградову [10].

Таблица 2

Геохимические ряды природных районов Пермского края (относительно содержания, мг/кг)
Geochemical series of natural areas of the Perm region (relative to content, mg/kg)

Природный район	Геохимических ряд
Пермский край	Fe ₂ O ₃ >TiO ₂ >MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>Co>As
I – Северный Урал	Fe ₂ O ₃ >TiO ₂ >MnO>Cr>V>Sr>Zn>Ni>Pb>Co>As
II – Западный Урал	Fe ₂ O ₃ >TiO ₂ >MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>Co>As
III – Средняя тайга	Fe ₂ O ₃ >TiO ₂ >MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>As>Co
IV – Южная тайга	Fe ₂ O ₃ >TiO ₂ >MnO>Sr>Cr>Zn>V>Ni>Pb>Co>As
V – Хвойно-широколиственные леса	Fe ₂ O ₃ >TiO ₂ >MnO>Sr>Cr>Zn>V>Ni>Pb>As>Co
VI – Кунгурская лесостепь	Fe ₂ O ₃ >TiO ₂ >MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Co>Pb>As

Выводя геохимический ряд в целом для Пермского края, нужно принимать, что он будет условным, так как наблюдаются достаточные различия природных условий на большой территории края. Но в целом для понимания геохимической специфики региона, говоря о среднем содержании, формирующимся на всей площади края, мы считаем это важным. В результате проведенных расчетов геохимический ряд для Пермского края выглядит следующим образом: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>Co>As. В данном случае мы можем говорить о преобладающей сидерофильной геохимической специализации и в меньшей степени – лито- и халькофильной.

При оценке накопления и рассеивания элементов, относительно кларка земной коры, были составлены следующие ряды:

$$KK = \frac{As}{4,42} > \frac{TiO_2}{1,57}; \quad KP = \frac{MnO}{1,02} > \frac{Pb}{1,06} > \frac{Co}{1,28} > \frac{Fe_2O_3}{1,33} > \frac{V}{1,40} > \frac{Zn}{1,41} > \frac{Ni}{1,42} > \frac{Sr}{1,43} > \frac{Cr}{2,35}$$

В результате можно говорить, что региональный геохимический фон для Пермского края отличается от мирового кларка для земной коры. Для Пермского края выявлено аккумулятивное поведение As и TiO₂ и рассеивание остальных исследуемых элементов. Содержание MnO и Pb приближено к кларку.

При анализе полученных абсолютных геохимических рядов можно выделить некоторые особенности, проявляющиеся в сопоставимости, и различие геохимических рядов для природных районов Пермского края. Для всех природных районов характерно наибольшее содержание Fe₂O₃>TiO₂>MnO. Такое содержание обусловлено тем, что данные элементы относятся к

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

макроэлементам, и в среднем их содержание в почвах больше $n \times 10^{-2}\%$. Положение MnO неоднозначно, потому что его содержание может быть как меньше, так и больше данного значения. Но если исходить из значений кларка по А.П. Виноградову [10], то мы можем относить MnO к макроэлементам. Помимо этого, данные элементы относятся к группе сидерофильных, так называемых мигрантов, проявляя свою подвижность в зависимости от окислительно-восстановительных свойств исследуемых ландшафтов.

Проводя дальнейший анализ схожести данных геохимических рядов, говоря, однако, о микроэлементах, выделяется ряд Северного Урала, так как он схож с остальными только содержанием макроэлементов. Но в отличие от других районов на территории Северного Урала отмечается более высокое содержание Cr и V и меньшее содержание Sr. Таким образом, можно говорить о том, что геохимический ряд Северного Урала имеет более выраженную сидерофильную геохимическую специализацию, формируясь под воздействием природных факторов.

Для всех природных районов, кроме Северного Урала, мы отмечаем дальнейшую схожесть по содержанию Sr>Cr. В данном случае большее количество Sr, относящегося к группе литофильных элементов, свидетельствует о смене характера поступления элементов в ландшафты, отличающихся от горной местности.

Далее выделяются по схожести содержанию группы V>Zn>Ni>Pb Западный Урал и Средняя тайга. Между ними отмечены различия только по содержанию Co и As, что объясняется различными природными условиями, повлиявшими на формирование геохимического фона территории.

По содержанию группы Zn>V>Ni>Pb выделяются районы Хвойно-широколиственные леса и Южная тайга. В них так же различны между собой не только содержания Co и As, но и природные условия.

Кунгурская лесостепь выделяется среди других природных районов по содержанию элементов группы V>Zn>Ni>Co>Pb>As. Итак, отличие геохимических особенностей на территории Кунгурской лесостепи обуславливается сформировавшимися уникальными природными условиями, которые не являются типичными для Пермского края, и в целом для умеренных широт и таежной природной зоны.

Полностью совпадает со средним геохимическим рядом Пермского края геохимический ряд для Западного Урала, частично (в большей своей части) Средняя тайга.

Составление абсолютных геохимических рядов позволило нам сопоставить между собой природные районы и в целом оценить содержание элементов в почвах. Вместе с тем важно выявить концентрирующиеся и рассеивающиеся элементы. На рис. 2 представлен геохимический спектр, отражающий накопление и рассеивание элементов, относительно кларка, а на рис. 3 – относительного полученного регионального фона Пермского края.

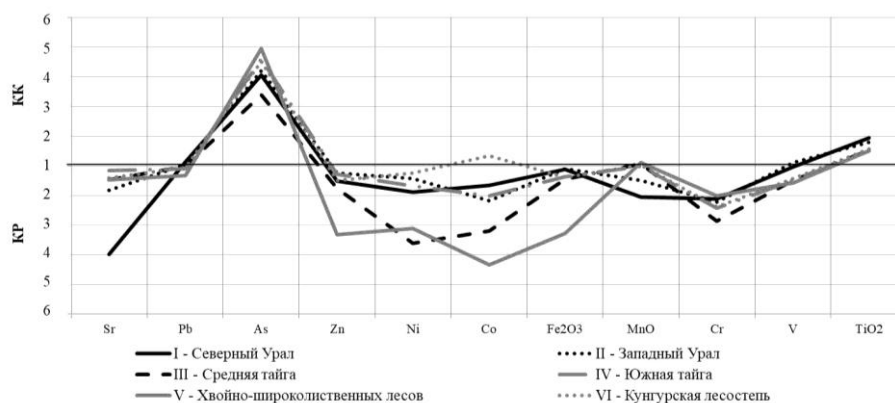


Рис. 2. Геохимические спектры по содержанию макро- и микроэлементов в почвах природных районов Пермского края (относительно кларка по А.П. Виноградову)

Fig.2. Geochemical spectra for the content of macro- and microelements in the soils of natural areas of the Perm region (relative to the clarke according to A.P. Vinogradov)

Особенно стоит отметить As, который аккумулируется на территории всех природных районов, причем в большей степени в районе Хвойно-широколиственные леса. Содержание TiO_2 так же характеризуется накоплением, относительно кларка, для всех природных районов. На территории Северного и Центрального Урала накапливается Pb, но в незначительной степени, значение приближено к кларку. Co аккумулируется на территории Кунгурской лесостепи.

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

Большая часть элементов, относительно кларка, находится в рассеянном состоянии, что в целом обосновано, так как приведенный кларк характеризует среднее содержание для литосферы, а не только почвы. Следует отметить, что наиболее быстро рассеивается Sr на территории Северного Урала, Zn, Ni, Co, Fe₂O₃ – в районе Хвойно-широколиственных леса, Ni и Co – Средней тайге. В целом, характер накопления и рассеивания Sr, As, Cr и TiO₂ схож на территории всех природных районов.

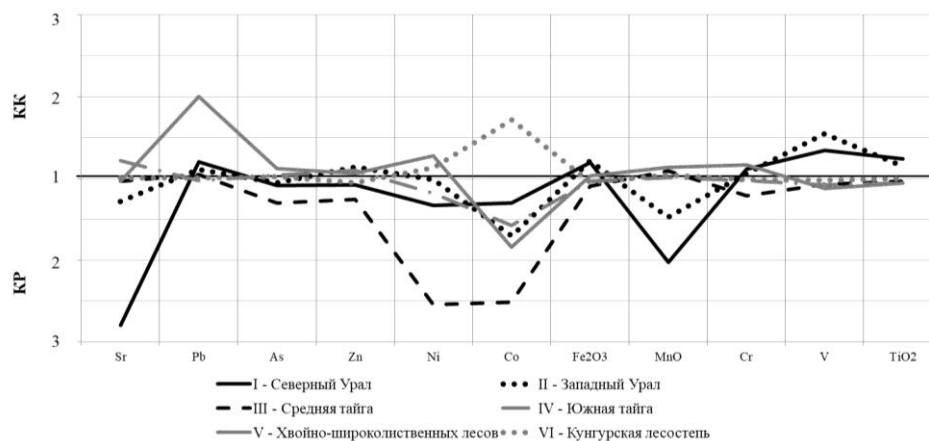


Рис 3. Геохимические спектры по содержанию макро- и микроэлементов в почвах природных районов Пермского края (относительно полученного регионального фона)

Fig 3. Geochemical spectra for the content of macro- and microelements in the soils of natural areas of the Perm region (relative to the received regional background)

Анализируя геохимический спектр относительно регионального фона (рис. 3), отметим, что данные по природным районам значительно отличаются в отличие от спектра, составленного относительно кларка, в котором характер распределения визуально схож.

Геохимические спектры Северного и Западного Урала схожи по распределению всех элементов, кроме Zn. В почвах Северного Урала он рассеивается, а в почвах Западного Урала аккумулируется. Но такое сходство прослеживается только при делении на группы относительно характера распределения: рассеивается или аккумулируется. Если же сравнивать степень рассеивания и аккумуляции, то в почвах Северного Урала все рассеивающиеся элементы, кроме Co, рассеиваются в большей степени. Характер распределения элементов в почвах Западного Урала ближе к региональному фону.

Геохимический спектр для почв района Средней тайги выделяется тем, что относительно регионального фона происходят накопление Pb и MnO, остальные же элементы рассеиваются. Распределение элементов в почвах Южной тайги так же уникально по сравнению с другими районами, но в целом приближено к региональному фону.

Распределение элементов в районах Хвойно-широколиственных леса и Кунгурская лесостепь характеризуется тем, что большее число элементов аккумулируются. Но между собой районы схожи лишь характером накопления TiO₂, V и MnO.

Далее рассмотрим более подробно распределение всех исследуемых макро- и микроэлементов на территории природных районов Пермского края (табл. 1).

На рис. 4 представлено распределение рассматриваемых макроэлементов (Fe₂O₃, TiO₂ и MnO).

Распределение исследуемых макроэлементов на территории Пермского края носит равномерный характер, несмотря на некоторые отличия по содержанию между природными районами.

Распределение TiO₂ со средним содержанием на территории края 7087±174 мг/кг. Наибольшее содержание отмечено в горной части региона. На территории Кунгурской лесостепи содержание TiO₂ приближено к среднему по краю (7061±248 мг/кг). Данные значения выше в два раза относительно данных И.С. Копылова [14].

Ранее приведенных данных для Пермского края по Fe₂O₃ не было. Распределение Fe₂O₃ со средним содержанием на территории края – 35004±1039 мг/кг. Наибольшее содержание отмечено в горных природных районах. Для равнинных природных районов среднее содержание приближено к среднему по Пермскому краю. В регионе содержание меньше кларка по А.П. Виноградову примерно на 20–25% [10].

Распределение MnO со средним содержанием на территории края – 983±35,4 мг/кг. По распределению MnO характерно увеличение с севера на юг, причем стоит отметить, что на Северном и

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

Западном Урале значения по содержанию меньше, чем среднее по краю на 30–50%. Наибольшее содержание отмечено в районе Хвойно-широколиственные леса (1117 ± 88 мг/кг). Данные значения практически совпадают с данными И.С. Копылова [14].

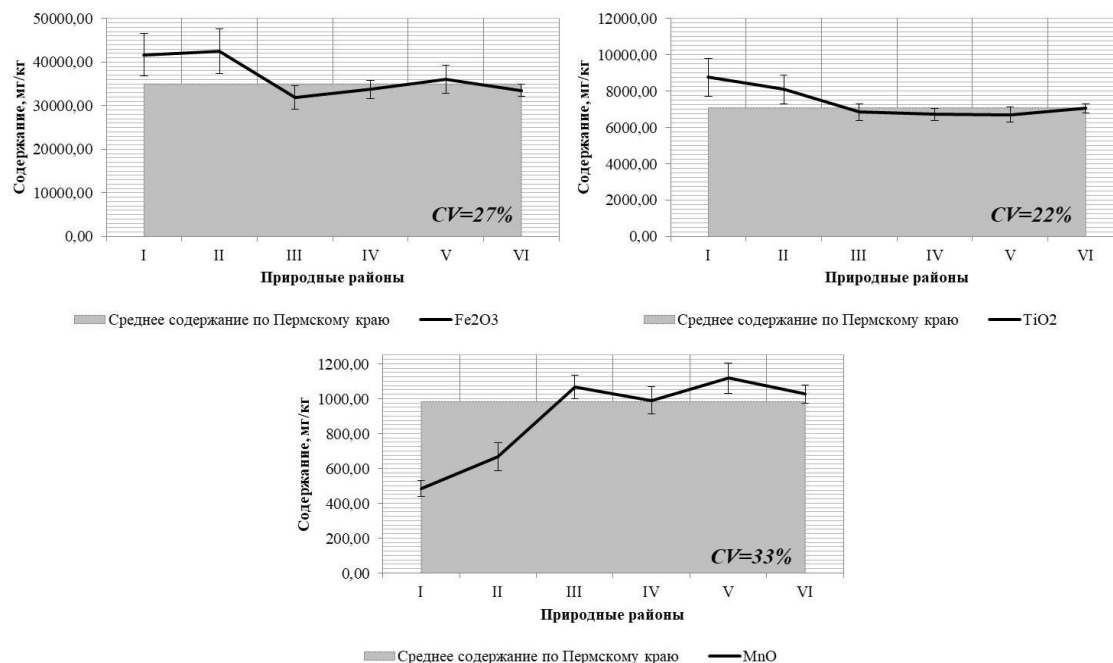


Рис. 4. Распределение Fe₂O₃, TiO₂ и MnO в Пермском крае:

I – Северный Урал; II – Западный Урал; III – Средняя тайга; IV – Южная тайга; V – Хвойно-широколиственные леса; VI – Кунгурская лесостепь

Fig. 4. Distribution of Fe₂O₃, TiO₂ and MnO in the Perm region

I – Northern Urals; II – Western Urals; III – Middle taiga; IV – Southern taiga; V – Mixed Coniferous-broad-leaved Forests; VI – Kungur forest steppe

На рис. 5 представлено распределение рассматриваемых микроэлементов (Sr, Cr, V, Zn, Ni, Pb, Co и As).

Распределение Sr на территории Пермского края со средним содержанием – $238 \pm 9,6$ мг/кг. Наименьшее содержание отмечено для территории Северного Урала ($85,1 \pm 14,4$ мг/кг), а наибольшее – для Южной тайги (290 ± 22 мг/кг). Распределение на оставшихся районах более однородное между собой и близко к среднему по краю. Полученные значения в 4 раза выше данных И.С. Копылова [14]. Распределение согласуется с представлениями о том, что Sr в почвах в большей степени контролируется составом материнских пород и климатом [2].

Распределение Cr на территории Пермского края со средним содержанием – $127 \pm 3,0$ мг/кг. Наименьшее содержание отмечено для Средней тайги ($105 \pm 8,15$ мг/кг), наибольшее – для района Хвойно-широколиственные леса ($148 \pm 10,2$ мг/кг). Распределение на территории оставшихся природных районов близко к среднему содержанию для края. Полученные значения ниже данных по И.С. Копылову [14] в 2 раза.

Распределение V на территории Пермского края со средним содержанием – $64,5 \pm 2,57$ мг/кг. Наибольшее содержание отмечено для территории Западного Урала ($99,6 \pm 13,4$ мг/кг) и Северного Урала ($86,7 \pm 14,1$ мг/кг). Содержание на территории остальных природных районов более однородно и близко к среднему по краю. Полученное среднее значение ниже в 1,5 раза данных по И.С. Копылову [14].

Распределение Zn на территории Пермского края со средним содержанием $59,0 \pm 2,00$ мг/кг. Наибольшее содержание отмечено для Западного Урала ($67,1 \pm 8,73$ мг/кг), наименьшее – для Средней тайги ($47,1 \pm 4,87$ мг/кг). Содержание на территории остальных природных районов более однородно и близко к среднему по краю. Полученное среднее значение меньше данных по И.С. Копылову [14] в 1,4 раза.

Распределение Ni на территории Пермского края со средним содержанием – $40,9 \pm 1,66$ мг/кг. Наибольшее содержание отмечено на юге края в районе Хвойно-широколиственные леса ($52,3 \pm 4,58$ мг/кг) и Кунгурской лесостепи ($46,3 \pm 2,08$ мг/кг), наименьшее – в районе Средней тайги ($16,1 \pm 1,77$ мг/кг). Полученное среднее значение совпадает с данными И.С. Копылова [14].

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

Распределение Pb на территории Пермского края со средним содержанием – 15,07±0,56 мг/кг. Между природными районами наблюдается уменьшение содержания с севера на юг, где максимальное отмечено для Северного Урала (18,1±2,5 мг/кг), а минимальное – для района Хвойно-широколиственных лесов (12,05±1,20 мг/кг). Полученное среднее значение меньше в 2 раза данных по И.С. Копылова [14].

Распределение Co на территории Пермского края со средним содержанием – 14,12±1,01 мг/кг. Причем следует отметить, что данная неоднородность обусловлена тем, что на территории Кунгурской лесостепи (24,2±1,17 мг/кг) отмечено содержание, которое в 2 и более раз выше, чем на территории оставшихся районов. Если из выборки исключить Кунгурскую лесостепь, то на территории оставшихся природных районах формируется однородное распределение Co (CV=33%). Минимальное содержание характерно для территории Средней тайги (5,62±0,55 мг/кг). Полученное среднее значение меньше данных по И.С. Копылову [14] в 1,3 раза.

Ранее приведенных данных для Пермского края по содержанию As не было. Распределение As на территории Пермского края со средним содержанием – 7,52±0,25 мг/кг. Наибольшее среднее содержанием отмечено в районе Хвойно-широколиственные леса (8,43±0,85 мг/кг), а наименьшее – в районе Средней тайги (5,77±0,62 мг/кг). Полученное среднее содержание выше кларка по А.П. Виноградову [10] в 4 раза.

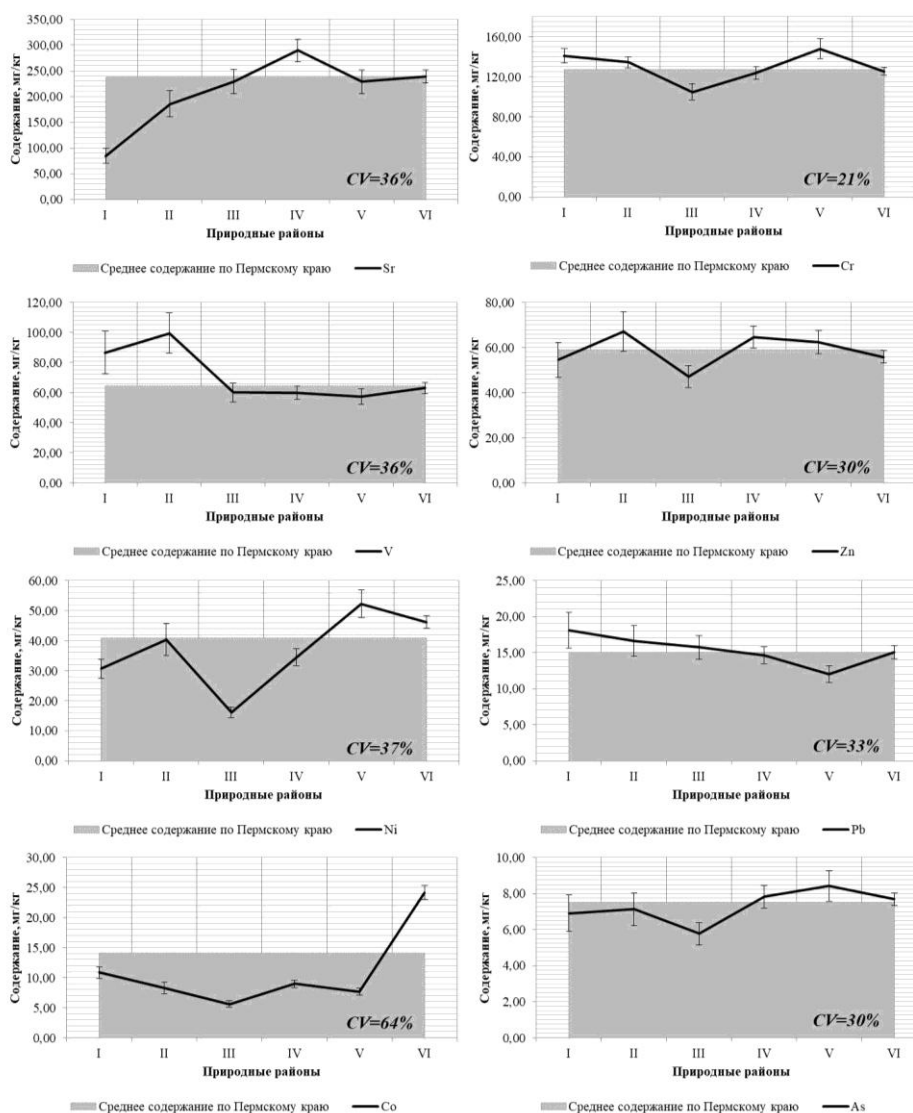


Рис. 5. Распределение Sr, Cr, V, Zn, Ni, Pb, Co и As в Пермском крае:

I – Северный Урал; II – Западный Урал; III – Средняя тайга; IV – Южная тайга; V – Хвойно-широколиственные леса; VI – Кунгурская лесостепь

Fig. 5. Distribution of Sr, Cr, V, Zn, Ni, Pb, Co and As in the Perm region I – Northern Urals; II – Western Urals; III – Middle taiga; IV – Southern taiga; V – Mixed Coniferous-broad-leaved Forests; VI – Kungur forest steppe

Экология и природопользование
Дзюба Е.А.

В ходе проведенного исследования были определены местные фоновые содержания для Sr, Pb, As, Zn, Ni, Co, Fe₂O₃, MnO, Cr, V, TiO₂ для территории Пермского края в целом, а так же для отдельных природных районов. Для As и Fe₂O₃ местное фоновое содержание определено впервые. Определен геохимический ряд для территории Пермского края Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>Co>As с преобладающей сидерофильной геохимической специализацией.

Получены данные по местному фоновому содержанию TiO₂, Fe₂O₃, MnO, Cr, Zn, Pb, As для Пермского края в целом. Их распространение на территории края однородно, с допустимой степенью вариации. Распространение Sr, V, Ni и Co неоднородно, средние содержания значительно отличаются между природными районами.

Для Fe₂O₃ и As фоновые содержания получены впервые. Полученные данные по фоновому содержанию MnO и Ni подтвердились с ранее предложенными данными И.С. Копыловым [14]. Фоновые содержания для TiO₂, Sr, Pb, Co, Cr, V и Zn уточнены. Полученные местные кларки для TiO₂ и Sr выше, чем данные И.С. Копылова [14], для остальных – ниже.

Выводы

1. На основе репрезентативной выборки методом рентгенофлуоресцентного анализа определено фоновое содержание 11 макро- и микроэлементов в валовой форме для почв Пермского края в целом и природных районов в отдельности (табл. 1).

2. Получен геохимический ряд для почв Пермского края, с преобладающей сидерофильной геохимической специализацией: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>Co>As. Особенностью геохимических процессов региона являются большее накопление As и TiO₂ и большая степень рассеивания Sr. Распределение MnO и Pb близко к кларку.

3. Геохимический ряд для территории природного района Северный Урал наиболее отличается от других природных районов более высоким накоплением Cr и V и наибольшим рассеиванием Sr, что свидетельствует о минимальном влиянии литофильных процессов. В результате на территории района формируется уникальный для Пермского края сидерофильный геохимический ряд: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Cr>V>Sr>Zn>Ni>Pb>Co>As.

4. На территории Западного Урала формируется геохимический ряд: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>Co>As. Его отличают большее накопление V, Fe₂O₃, Zn и TiO₂ и высокая степень рассеивания Sr и MnO. Геохимическая специализация сохраняется сидерофильной, но также в некоторой степени проявляется литофильный характер.

5. Характер распределения элементов в природном районе Средняя тайга обладает сидерофильной спецификой с проявляющимися литофильными признаками. Формируется следующий геохимический фон: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Pb>As>Co. Характерными чертами в данном случае выступает рассеивание практически всех элементов (Ni и Co), Pb и MnO накапливаются.

6. Геохимический ряд на территории Южной тайги сформирован следующим образом: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>Zn>V>Ni>Pb>Co>As. Благодаря высокому накоплению Sr для него характерны литофильный характер с преобладающей сидерофильной спецификой и высокая степень рассеивания Co.

7. На территории природного района Хвойно-широколиственные леса формируется геохимический ряд, для которого характерно большее накопление элементов, особенно Ni и Cr: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>Zn>V>Ni>Pb>As>Co. Рассеян Co, содержание Sr, Fe₂O₃ и TiO₂ близко к региональному фону.

8. В природном районе Кунгурская лесостепь сформирован следующий геохимический ряд: Fe₂O₃>TiO₂>MnO>Sr>Cr>V>Zn>Ni>Co>Pb>As. Специфичной чертой является аккумуляция Co и Ni.

Библиографический список

1. *Алексеев В.А.* Геохимия окружающей среды: учеб. пособие для вузов / В.А. Алексеев, С.А. Бузмаков, М.С. Панин / Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2013. 359 с.
2. *Алексеев В.А.* Металлы в окружающей среде. Почвы геохимических ландшафтов Ростовской области. М.: Логос, 2002. 312 с.
3. *Алексеев В.А.* Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627с.
4. *Андреев Д.Н.* Экогеохимическая диагностика антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2013. № 3. С. 3–9.
5. Атлас особо охраняемых природных территорий Пермского края / под ред. С.А. Бузмакова. Пермь: Астер, 2017, 512 с.

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

6. Бузмаков С.А. Сеть особо охраняемых природных территорий Пермского края // Географический вестник. 2020. № 3 (54). С. 135–148.
7. Бузмаков С.А. Антропогенная трансформация природной среды // Географический вестник. 2012. № 4 (23). С. 46–50.
8. Бузмаков, С.А., Зайцев, А.А. Санников П.Ю. Актуальное состояние сети ООПТ Пермского края // Вопросы степеведения. 2019. №15. С. 55–58.
9. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения (Серия «Библиотека трудов академика В.И. Вернадского»). М.: Наука, 2001. 376 с.
10. Виноградов А.Я. Среднее содержание химических элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры // Геохимия. 1962. №7. С. 555–571.
11. Ворончихина Е.А., Ждакаев В.И. Мышьяк в естественных и техногенных геосистемах Пермского края // Сергеевские чтения: мат. годичной сессии Науч. совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии / под ред. В.И. Осипова, Н.Г. Максимовича, А.А. Баряха, Е.В. Булдаковой, А.Д. Деменева, О.Н. Ереминой, В.Г. Заиканова, В.Н. Катаева, Ю.А. Мамаева, О.Ю. Мещеряковой. Пермь, 2019. С. 278–283.
12. Зимовец А.А., Федоров Ю.А. Тяжелые металлы в почвах устьевой области реки Северная Двина // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки. 2013. № 5. С. 70–74.
13. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 440 с.
14. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2. С. 16–34.
15. Овеснов С.А., Ефимик Е.Г., Санников П.Ю. Предварительный список редких лесных экосистем Пермского края // Устойчивое лесопользование. 2020. № 4 (63). С. 30–38.
16. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.
17. Самофалова И.А., Лузянина О.А., Кондратьева М.А., Мамонтова Н.В. Элементный состав почв в ненарушенных экосистемах на Среднем Урале // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2014. № 5 (115). С. 67–74.
18. Самофалова И.А., Рогова О.Б., Лузянина О.А., Савичев А.Т. Геохимические особенности распределения макроэлементов в почвах ненарушенных ландшафтов Среднего Урала (на примере заповедника «Басеги») // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2016. № 85. С. 56–76.
19. Санников П.Ю., Бузмаков С.А. Перспективы развития сети особо охраняемых природных территорий Пермского края: монография / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2015. 173 с.
20. Сивков Д.Е., Санников П.Ю. Геоинформационная база данных «Особо охраняемые территории и объекты Пермского края» // Антропогенная трансформация природной среды. 2018. №4. С. 104–106.
21. Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д. Влияние техногенных и природных факторов на содержание металлов-поллютантов в лекарственных растениях Среднего Предуралья (о. Закурье г. Чусовой) // Географический вестник. 2020. №4 (55). С. 152–165.
22. Хайрулина Е.А. Влияние центров горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности на заповедные территории // Эколого-экономические проблемы освоения минерально-сырьевых ресурсов: тез. докл. междунар. науч. конф. Пермь, 2005. С. 213–214.
23. Хайрулина Е.А. Оценка современного биогеохимического состояния заповедных экосистем Пермского края // Вестник Пермского университета. Серия Биология. 2007. №5 (10). С. 155–160.
24. Хайрулина Е.А., Никифорова Е.М., Ворончихина Е.А. Влияние регионального переноса загрязнителей на трансформацию биогеохимических параметров горнотаёжных ландшафтов // Теоретическая и прикладная экология. 2011. № 1. С. 61–68.
25. Хайрулина Е.А., Тимофеев И.В., Кошелева Н.Е. Потенциально токсичные элементы в почвах Индустриального района г. Перми // Географический вестник. 2019. №2(49). С. 80–100.
26. Buzmakov S.A., Khotyanovskaya Y.V. Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation // Applied Geochemistry. 2020. №113. PP 1–7.

References

1. Alekseenko, V.A., Buzmakov, S.A. and Panin, M.S. (2013), *Geohimiya okruzhayushchej sredy: ucheb. posobie dlya vuzov* [Geochemistry of the environment: textbook. textbook for universities], Perm state university, Perm, Russia.
2. Alekseenko, V.A. (2012), *Metally v okruzhayushchej srede. Pochvy geohimicheskikh landshaftov Rostovskoj oblasti* [Metals in the environment. Soils of geochemical landscapes of the Rostov region], Logos, Moscow, Russia.
3. Alekseenko, V.A. (2000), *Ekologicheskaya geohimiya* [Environmental geochemistry], Logos, Moscow, Russia.
4. Andreev, D.N. (2013), “Ecogeochemical diagnostics of anthropogenic transformation of nature reserves”, *Bulletin of Udmurt University. Series Biology. Earth Sciences*, no. 3, pp. 3–9.
5. Buzmakov, S.A. (ed.) (2017), *Atlas of specially protected natural areas of the Perm region, Пермь*, Aster, Perm, Russia.
6. Buzmakov, S.A. (2020), “Network of protected natural areas in the perm region”, *Geographical bulletin*, no. 3 (54), pp. 135–148.

Экология и природопользование

Дзюба Е.А.

7. Buzmakov, S.A. (2012), "Anthropogenic transformation of environment", *Geographical bulletin*, no. 4 (23), pp. 46–50.
8. Buzmakov, S.A., Zajcev, A.A. and Sannikov, P.Yu. (2019), "Actual condition of the network of specially protected natural territories of the Perm territory", *Steppe science*, no. 15. pp. 55–58.
- 9 Vernadskij, V.I. (2001), *Himicheskoe stroenie biosfery Zemli i ee okruzheniya (Seriya Biblioteka trudov akademika V.I. Vernadskogo)* [The chemical structure of the Earth's biosphere and its surroundings (Series Library of Academician V.I. Vernadsky's Works)], Nauka, Moscow, Russia.
10. Vinogradov, A.Ya. (1962) "Average content of chemical elements in the main types of igneous rocks of the earth's crust", *Geohimiya*, no. 7, pp. 555–571.
11. Voronchihina, E.A. and Zhdakaev, V.I. "Arsenic in natural and technogenic geosystems of the Perm region", *Materialy godichnoj sessii Nauchnogo soveta RAN po problemam geoekologii, inzhenernoj geologii i gidrogeologii*, pp. 278–283.
12. Zimovec, A.A. and Fedorov, Yu.A. (2013) "Heavy metals in the soils of the mouth area of the Northern Dvina river", *Proceedings of universities. North Caucasian region. Natural Sciences*, No. 5, pp. 70–74.
13. Kabata-Pendias, A. and Pendias, H. (1989), *Mikroelementy v pochvah i rasteniyah* [Trace elements in soils and plants], Mir, Moscow, Russia.
14. Kopylov, I.S. (2012), "Geochemical regularities of spatial distribution of chemical elements on the Western Urals and Priurals", *Bulletin of Perm University. Geology*, no. 2, pp. 16–34.
15. Ovesnov, S.A., Efimik E.G. and Sannikov P.Yu. (2020), "Preliminary list of rare forest ecosystems of the Perm region", *Sustainable forest management*, no. 4 (63), pp. 30–38.
16. Ovchinnikov, L.N. (1990), *Prikladnaya geohimiya* [Applied Geochemistry], Nedra, Moscow, Russia.
17. Samofalova, I.A., Luzyanina, O.A., Kondrat'eva, M.A. and Mamontova, N.V. (2014), "Elemental composition of soils in undisturbed ecosystems in the Middle Urals", *Bulletin of Altai state agricultural university*, no. 5 (115), pp. 67–74.
18. Samofalova, I.A., Rogova, O.B., Luzyanina, O.A. and Savichev, A.T. (2016), "The geochemical specificities of distribution of macroelements within the soils of undisturbed landscapes of Middle Ural (on the example of "Basegi" preserve)", *Dokuchaev Soil Bulletin*, no. 85. pp. 56–76.
19. Sannikov P.Yu. and Buzmakov S.A. (2015), *Perspektivy razvitiya seti osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy Permskogo kraja* [Prospects for the development of a network of specially protected natural areas of the Perm Territory], Perm state university, Perm, Russia.
20. Sivkov, D.E. and Sannikov, P.Yu. (2018), "Geoinformation database "Specially protected areas and objects of the Perm region", *Antropogennaya transformaciya prirodnoj sredy*, no. 4, pp. 104–106 Chusovoy)", *Geographical bulletin*, no. 4 (55), pp. 152–165
21. Khayrulina, E.A. (2005), "Impact of mining and processing industry centers on protected areas", *Ekologo-ekonomicheskie problemy osvoeniya mineral'no-syr'evykh resursov. Tezisy dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii*, Perm, Russia, 14-17 December 2005, pp. 213–214.
22. Khayrulina, E.A. (2007), "Assessment of contemporary biogeochemistry of reserves of Perm region", *Bulletin of Perm University. Biology*, no. 5 (10), pp.155–160.
23. Khayrulina, E.A., Nikiforova, E.M. and Voronchihina, E.A. (2011), "Transboundary pollution impact.
24. Soloviev, A.D., Shcherban, M.G. and Plotnikova, M.D. (2020), "Influence of technogenic and natural factors on the content of pollutant metals in medicinal plants of the Middle Cis-Urals (island Zakurye, on biogeochemical transformation of taiga-mountain landscapes", *Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya*, no.1, pp. 61–68.
25. Khayrulina, E.A., Timofeev, I.V., Kosheleva, N.E. (2019), "Potentially toxic elements in the soils of the Industrial District of Perm", *Geographical bulletin*, no. 2 (49). pp. 80–100.
26. Buzmakov, S.A. and Khotyanovskaya, Y.V. (2020), "Degradation and pollution of lands under the influence of oil resources exploitation", *Applied Geochemistry*, vol. 113. pp. 1–7.

Поступила в редакцию: 27.01.2021.

Сведения об авторе**Екатерина Алексеевна Дзюба**

ассистент кафедры и заведующий лабораторией экологии и охраны природы, Пермский государственный национальный исследовательский университет; Россия, 614990, Пермь, ул. Букирева, 15

About the author**Ekaterina A. Dziuba**

Assistant, Department of Biogeocenology and Nature Conservation, Head of the Laboratory of Ecology and Nature Conservation, Perm State University; 15, Bukireva St., Perm, 614990, Russia

e-mail: aea_eco@mail.ru

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:

Дзюба Е.А. Определение местного фонового содержания некоторых макро- и микроэлементов в почвах Пермского края // Географический вестник = Geographical bulletin. 2021. №1(56). С. 95–108. doi 10.17072/2079-7877-2021-1-95-108.

Please cite this article in English as:

Dziuba, E.A. (2021) Determination of local background content of some macro- and microelements in the soils of the Perm region. *Geographical Bulletin*. No. 1(56). Pp. 95–108. doi 10.17072/2079-7877-2021-1-95-108.