

© Д.А. СЕЛИВАНОВА

Научно-аналитический центр рационального недропользования
им. В.И. Шпилемана (Ханты-Мансийск)
das@cr.ru

УДК 551.482.212; 911.9

**ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ПРИПОЛЯРНОГО
И СЕВЕРНОГО УРАЛА (В ПРЕДЕЛАХ ХМАО — ЮГРЫ)**

**SPACIAL HEAVY METALS DISTRIBUTION IN THE BOTTOM SEDIMENTS
OF NETHER-POLAR AND NORTH URALS (ON THE TERRITORY
OF KHANTY-MANSI AUTONOMOUS AREA — YUGRA)**

АННОТАЦИЯ. Состав донных отложений в значительной мере наследует геохимические особенности горных пород. В результате анализа 69 проб донных отложений 40 водных объектов Приполярного и Северного Урала выявлена повышенная концентрация Pb, Mn, Fe, Cu и Cr по сравнению со средними значениями по Западной Сибири. Металлы демонстрируют значительную вариабельность концентраций, вплоть до многократных превышений величины кларка литосферы, что говорит о контрастных литогеохимических условиях. Дефицитными элементами донных отложений территории являются Zn и Ni. Иногда наблюдаются низкие концентрации Cu. Примерно на уровне кларка литосферы содержатся Mn, Fe, Cr, Hg. Повышенные концентрации выявлены у Pb.

В пределах Тагильской структурно-минерогенической мегазоны (палеоокеанический сектор) средние концентрации Pb, Mn, Fe, и Cu повышены и уменьшаются на запад (Центрально-Уральская структурно-минерогеническая мегазона — палеоконтинентальный сектор) и на восток (Зауральская структурно-минерогеническая мегазона — мезозойско-кайнозойский плитный сектор).

SUMMARY. The composition of bottom sediments is considerably derived from the geochemical characteristics of the subsurface rock. The analysis of 69 bottom sediment samples of 40 water bodies in Nether-Polar and North Urals revealed increased concentration of Pb, Mn, Fe, Cu and Cr in comparison with the average for Western Siberia. The metals demonstrate significant variability of concentrations up to the multiple exceedences of the Clark values of the lithosphere, which means the contrast lithogeochemical conditions. Critical elements of the bottom sediments are Zn and Ni. Occasionally low concentrations of Cu are observed. Mn, Fe, Cr and Hg are approximately at the Clark lithosphere level. Exceeded concentrations of Pb are found out.

Within Tagil structural minerogenic megazone (paleoceanic sector) mean concentrations of Pb, Mn, Fe and Cu are increased and they are decreased to the west (Central Urals structural minerogenic megazone-paleocontinental sector) and to the east (Trans-Ural structural minerogenic megazone-mesozoic-kainozoic plate sector).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Тяжелые металлы, минерогеническое районирование.

KEY WORDS. Heavy metals, minerogenic zoning.

Введение. На территории Приполярного и Северного Урала выявлены многочисленные месторождения черных и цветных металлов, а также участки, где происходит современное осаждение железа, марганца, хрома, меди, цинка, никеля и свинца [1]. Доказано наличие железных, марганцевых, хромитовых, вольфрам-молибденовых руд, подтверждены запасы золота, свинца, цинка [2]. Поэтому стратегия социально-экономического развития ХМАО — Югры до 2020 года предусматривает формирование здесь горно-рудной отрасли. Вместе с тем экосистемы Приполярного и Северного Урала отличаются высокой экологической ценностью, что обусловило выделение особо охраняемых природных территорий и придания рекам Северная Сосьва, Волья, Лепля, Няйс, Лопсия высшей рыбохозяйственной категории.

Перспективное промышленное освоение со всей актуальностью ставит вопрос об оценке фонового состояния биосферы, в том числе и фоновых эколого-геохимических показателей. В этом отношении особенно важен анализ состава донных отложений, которые являются активными накопителями тяжелых металлов. Донные отложения водоемов представляют собой геологическое образование, формирующееся в новейшее время и слагающее внешнюю часть земной коры. Одновременно они — важнейший компонент подводного ландшафта и неотъемлемый элемент биосферы [3].

Элементный состав донных отложений является интегральным показателем, характеризующим геохимическую структуру водосборного бассейна. Однако современный уровень знаний геохимических особенностей ландшафтов Приполярного и Северного Урала недостаточен, несмотря на то, что этот регион во многом является ключевым для понимания генезиса покровных отложений обширных прилегающих территорий. Исходя из пространственных закономерностей микроэлементного состава почв и почвообразующих пород, рядом авторов был сделан вывод о влиянии Урала на формирование геохимической структуры ландшафтов Западной Сибири [4], [5]. Обогащенность почв и донных отложений отдельных ландшафтно-геохимических провинций севера Западной Сибири объясняется близостью к Уралу, то есть постулируется богатый микроэлементный состав его пород. Отмечалось, что состав донных отложений в низовьях р. Северная Сосьва отличается тенденцией к уменьшению концентраций микроэлементов по мере приближения к устью [6], что также укладывается в представление о роли Урала как источника поступления микроэлементов в составе твердого и жидкого стока. Однако фактические данные, подтверждающие богатый микроэлементный состав ландшафтов на территории Приполярного и Северного Урала, крайне немногочисленны, поскольку геохимические особенности этой труднодоступной территории до недавнего времени практически не были изучены.

Материалы и методы. Целью настоящей работы является анализ основных особенностей элементного состава донных отложений крупнейших водотоков Приполярного и Северного Урала и оценка факторов седиментогенеза.

Для определения геохимических особенностей донных отложений было выполнено опробование, охватившее 40 водных объектов. Реки обследованной территории относятся к бассейну р. Северная Сосьва. На территории восточного склона Приполярного Урала отобрано 38 проб донных отложений в притоках различного порядка р. Ляпин, включая реки Хулга, Няю, Халмерью, Манья,

Налимаю, Народа, Щекурья, Ятрия (рис. 1а). На территории восточного склона Северного Урала отобрана 31 проба донных отложений в р. Сев. Сосьва и ее притоках разных порядков (реки Волья, Толья, Лопсия, Лепля, Няйс, Люлия) (рис. 1б).

Отбор проб проводился автором совместно с полевой группой отделения природопользования АУ «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В.И. Шпильмана» в августе 2008 года, в рамках научно-аналитической работы «Предварительная оценка воздействия на окружающую среду при освоении Приполярного Урала, в том числе разработка требований к размещению производственных и инфраструктурных объектов, обеспечивающих допустимое воздействие на окружающую среду». Отбор проб выполнен на основании «Общих требований к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность» (ГОСТ 17.1.5.01-80).

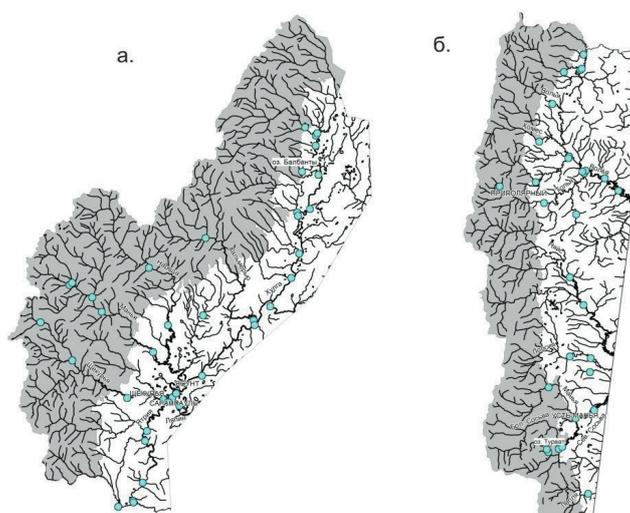


Рис. 1. Схема размещения пунктов отбора проб донных отложений (а — Приполярного Урала, б — Северного Урала, серой заливкой выделены горные ландшафты)

Опробование проводилось на двух ландшафтно-геоморфологических уровнях: в пределах дренированных и относительно дренированных предгорных равнин и эрозионно-денудационных низкогорных ландшафтов с абсолютными высотами до 357 м. Всего было отобрано 69 проб донных отложений.

Ландшафтная структура горных и предгорных участков имеет существенные различия. Предгорная часть и прилегающие равнины Приполярного Урала отличаются преобладанием темнохвойных еловых и пихтовых лесов (31% площади), болот (21%) и светлохвойных сосновых лесов (18%). В горной части распространены гольцы (10%), горные тундры (24%), мелколиственные леса (22%) и темнохвойные таежные елово-пихтовые леса (19%) [7]. На Северном Урале предгорная часть и прилегающие равнины отличаются преобладанием светлохвойных сосновых лесов (54%), темнохвойных таежных еловых и пихтовых лесов (17%), мелколиственных лесов (16%) и болот (6%). В горной части территории преобладают темнохвойные таежные еловые и пихтовые леса (51%)

площади), мелколиственные леса (24%), кедровые леса (7%), менее распространены горные тундры (6%) и светлохвойные сосновые леса (6%). [7].

В пробах были определены две формы нахождения металлов — валовые и подвижные. Определение валовых форм позволяет провести сопоставление полученных результатов с данными по сопредельным регионам и вычислить традиционные для ландшафтно-геохимических исследований показатели, характеризующие региональные особенности вещественного состава отложений. Оценка подвижных форм металлов необходима для определения их потенциальной экологической опасности, которая проявляется при миграции, в частности, при поступлении из биокосных природных объектов в живые организмы.

Валовые формы тяжелых металлов были определены на основании РД 52.18.685-2006 методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Сущность метода анализа заключается в обработке проб смесью концентрированных азотной, хлорной и плавиковой кислот для полного разложения кристаллической структуры минералов и последующем определении массовой концентрации металла в растворе. Подвижные формы тяжелых металлов, извлеченные ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН 4,8 были определены атомно-абсорбционным методом на основании РД 52.18.289-90. Из показателей, определяющих условия и интенсивность миграции химических элементов, была определена величина рН.

Для характеристики распространенности элементов вычислены кларки концентрации (КК) — отношения содержания к кларку литосферы по А.П. Виноградову [8], [9], проведено сопоставление с региональными геохимическими характеристиками донных отложений [10] и данными о составе донных отложений в нижнем течении р. Северная Сосьва [6]. На основании расчета кларков концентрации металлов были составлены формулы, отражающие особенности микроэлементного состава донных отложений биогеохимических провинций Приполярного и Северного Урала, в которых в числителе указываются элементы, концентрация которых значительно ниже кларка литосферы, в знаменателе — выше, посередине — в количествах, примерно равных кларку [11].

Вариационно-статистические характеристики переменных рассчитаны в программах статистического анализа PAST (Paleontological statistics software), version 3.0 [12] и STATISTICA 6.0.

Результаты и их обсуждение. Обобщенные показатели содержания металлов в донных отложениях восточного склона Приполярного и Северного Урала представлены в табл. 2.

Как показали результаты химических анализов, реакция среды донных отложений изменяется в незначительных пределах, от слабокислой до нейтральной (диапазон изменений от 5,12 до 6,74 ед. рН). Микроэлементный состав, напротив, характеризуется значительной изменчивостью, большими значениями коэффициентов вариации. Сопоставление с кларками свидетельствует о повышенном содержании в донных отложениях обследованной территории свинца, на среднемировом уровне находится содержание ртути, хрома, железа, марганца, дефицит характерен для меди, никеля, цинка. Наименьшее количество подвижных форм характерно для железа и марганца, велика доля подвижных форм ртути и хрома.

Таблица 2

**Состав донных отложений восточного склона Приполярного
и Северного Урала (n=69)**

Элементы	Валовое содержание, мг/кг							КК	% подвижных форм	Средне-региональные значения для Западной Сибири [7]
	M	min-max	S	Std. error	25%	75%	C _{var} , %			
Железо	40019	841-227349	40690,3	4898,5	11990,5	52879,5	102	0,86	25	11779,4*
Хром	86,9	1,36-490	84,91	10,22	20,09	122,62	98	1,05	81	49,2
Никель	5,84	1,32-9,84	1,48	0,18	5,03	6,88	25	0,10	68	16,7
Марганец	1023	9,00-6447	1183,05	142,42	344,00	1358,0	116	1,02	27	423
Медь	26,5	0,12-212,93	40,94	4,93	3,94	31,29	155	0,56	65	13,5
Ртуть	0,08	0,046-0,117	0,02	0,002	0,07	0,09	20	0,96	85	<0,1*
Свинец	95,5	0,14-1437,8	227,4	27,37	2,24	28,42	238	5,97	70	11,6
Цинк	2,97	1,11-6,24	1,23	0,15	2,01	3,99	41	0,04	64	22,9
pH, ед.	5,87	5,12-6,74	0,44	0,05	5,53	6,28	8	—	—	6,07*

p — количество проб, M — среднее арифметическое, S — стандартное отклонение, Std. error — погрешность среднего значения, min-max — минимальное и максимальное значение, КК — кларк концентрации, 25%, 75% — 1 и 3 квартили, C_{var} — коэффициент вариации.

* по данным научно-аналитических работ автономного учреждения ХМАО — Югры «Научно-аналитический центр регионального недропользования им. В.И. Шпилемана» «Ведение экологического мониторинга вне границ лицензионных участков недр на территории ХМАО — Югры» (2001, 2002, 2005 гг.)

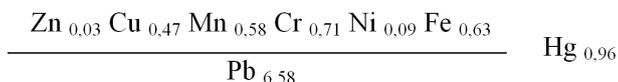
Важным критерием для оценки геохимических свойств донных отложений исследуемой территории является сравнение полученных данных с усредненными показателями, характерными для фоновых районов севера Западной Сибири [10]. В этом отношении донные отложения Приполярного и Северного Урала отличаются от отложений равнинной таежной части повышенным содержанием Pb (в 8,2 раза) Mn (в 2,4 раза), Cu (в 2 раза), Cr (в 1,8 раз) и сниженным — Zn (в 8 раз) и Ni (в 3 раза). Отличаются они и от отложений в низовьях р. Северная Сосьва, где отмечен дефицит микроэлементов, за исключением кадмия и кобальта [6]. Таким образом, донные отложения на рассматриваемой территории характеризуются повышенным содержанием большинства микроэлементов по сравнению с нижними ступенями каскадной ландшафтно-геохимической системы.

Состав отложений складывается под влиянием состава пород водосборного бассейна. Как показали предыдущие исследования, почвообразующие породы на описываемой территории характеризуются близкими к кларку концентрациями железа, марганца, хрома, кобальта, цинка и свинца и обедненностью медью и никелем [13; 197-209]. Таким образом, состав донных отложений весьма сходен с составом литогенной основы ландшафта.

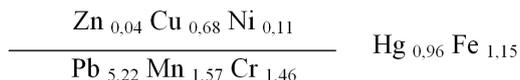
Обращает на себя внимание крайне низкое содержание цинка. Его концентрация в среднем ниже кларка в 25 раз. Анализ причин этого заставляет обратиться к вопросу о подвижности металлов в водной среде и, соответственно, интенсивности их выщелачивания. Цинк, по А.И. Перельману [14], относится к элементам сильной миграции в кислородных водах биосферы. Анализ водной миграции металлов в водотоках Среднего Урала показал, что цинк отличается высокой миграционной активностью и превосходит в этом отношении другие элементы. Коэффициент водной миграции K_х для Zn в водотоках на кислых породах составляет 26,7, на основных — 4,55 [15; 89-99]. Таким образом, вероятная причина крайне низкого содержания Zn — его выщелачивание и вынос в растворенной форме. Высокая водомиграционная активность в водотоках Среднего Урала на кислых породах была выявлена и для никеля, его K_х в водотоках, дренирующих кислые породы, составляет 10,7 [15], в то время как средние значения K_х в речных водах составляют 0,81 [16].

В целом отложения Северного Урала отличаются более богатым составом по сравнению с Приполярным, для которого характерен дефицит большинства элементов, за исключением свинца.

Геохимическая формула донных отложений Приполярного Урала Ханты-Мансийского автономного округа — Югры имеет следующий вид:



Геохимическая формула донных отложений Северного Урала Ханты-Мансийского автономного округа изменяется: наблюдается некоторое понижение кларка концентрации свинца, возрастает аккумуляция марганца, хрома и железа:



Следует отметить широкое варьирование концентраций практически всех элементов, кроме ртути и никеля. Различия в содержании железа, марганца, меди, свинца, хрома превышают три математических порядка. Таким образом, геохимический фон на территории исследований очень контрастный, что может быть вызвано особенностями геологического строения, наличием геохимических барьеров (сорбционных, окислительно-восстановительных, биогенных и др.), особенностями седиментогенеза в различных ландшафтных и геоморфологических условиях.

Этот факт заставляет провести анализ закономерностей элементного состава донных отложений в зависимости от геоморфологических и орографических условий, ландшафтных факторов и геологического строения.

Сопоставление показателей горных и равнинных ландшафтов позволило определить различие кислотно-щелочных условий. Горные реки со слабо развитой водной биотой (Народа, Хулга в верхнем течении, Хальмерью), как правило, имеют нейтральную реакцию донных отложений, в то время как реки, протекающие в предгорьях (Ятрия, Волья, Толья), характеризуются слабокислой реакцией. На состав донных отложений в предгорьях с доминированием таежных и болотных экосистем оказывает влияние поступление грунтовых вод, обогащенных органическими кислотами.

Отмечены различия в элементном составе ландшафтно-геоморфологических комплексов. Донные отложения низкогорных эрозионных денудационных ландшафтов характеризуются малыми значениями кларков концентрации всех микроэлементов, в том числе свинца ($KK=0,39$), наибольшими коэффициентами вариации хрома (94%), никеля (28%) и ртути (22%). Донные отложения равнинных ландшафтов отличаются наибольшим кларком концентрации меди (1,03), ртути (1,02), никеля (0,12) и железа (0,98). Вариативность микроэлементов здесь либо минимальная, либо средняя. Таким образом, в предгорьях содержание химических элементов в целом выше, чем в условиях низкогорья. Подобное распределение поднимает вопрос: обусловлено ли оно закономерностями седиментогенеза в различных ландшафтных условиях, связанного с различиями в скорости течения горных и равнинных рек? Увеличение концентрации элементов в нижних ступенях миграционного ряда дает основания для предположения о выносе веществ в составе жидкого и твердого стока с последующей аккумуляцией в условиях снижения скорости течения. Для выяснения этого проведен регрессионный анализ, сущность которого состоит в описании корреляционных связей, которые характеризуют изменение функции в зависимости от одного или нескольких аргументов.

На первом этапе регрессионного анализа была подготовлена матрица, содержащая информацию о микроэлементном составе пород и абсолютной высоте пункта отбора проб, и проведено преобразование данных к нормальному распределению. Предположение об определяющей роли миграционных потоков вещества «сверху вниз» должно было быть подтверждено соответствующими показателями, свидетельствующими о качестве регрессионной модели — корреляционной зависимостью между абсолютной высотой пункта опробования и элементным составом отложений, коэффициентами детерминации и критерием Фишера. Однако проведенные подсчеты не выявили достоверной связи содержания химических элементов с абсолютной высотой точки опробования.

Коэффициент детерминации (R-квадрат), который показывает степень соответствия значений регрессионной модели к наблюдаемым значениям y_i . для Приполярного Урала имеет значение 0,16; для Северного Урала — 0,45. Это означает практически полное отсутствие зависимости для Приполярного Урала, на Северном Урале менее половины вариации элементного состава объясняется влиянием орографического фактора. В обоих случаях значимость регрессионной модели отсутствует, достоверная зависимость между содержанием химических элементов и абсолютной высотой не выявлена.

Этот факт, в совокупности с наличием аномально высоких концентраций в ряде пунктов опробования и присутствием на исследуемой территории многочисленных месторождений рудных ископаемых, дает основания для вывода о существенном влиянии литологического строения водосборов на состав донных отложений. Помимо литологического строения на распределение элементов существенное влияние оказывает структура геохимических барьеров. Так, для распределения железа большое значение имеют сорбционный и окислительный геохимические барьеры. Повышенные концентрации Fe характерны для глинистых и иловатых донных осадков, песчаные и галечниковые отложения практически всегда характеризуются очень низкой концентрацией этого элемента. Накопление наблюдается также на окислительном барьере, в местах осаждения трехвалентного железа при поступлении болотных вод, богатых закисными формами Fe^{2+} . Фактором накопления свинца, который формирует на обследованной территории ряд геохимических аномалий, является накопление на сорбционном (с гидроксидами железа и марганца), а также биогенном геохимических барьерах.

Заключение. Таким образом, дефицитными элементами донных отложений Приполярного и Северного Урала являются Zn и Ni, зачастую наблюдаются низкие концентрации Cu. На уровне кларка литосферы содержатся Mn, Fe, Cr, Hg, повышенные концентрации выявлены у Pb. По сравнению с равнинной территорией Западной Сибири, в донных отложениях водных объектов Приполярного и Северного Урала большинство металлов (Mn, Fe, Cu, Pb, Cr) содержится в повышенных концентрациях. На Северном Урале донные отложения содержат, как правило, большую концентрацию микроэлементов, чем на территории Приполярного Урала, особенно в условиях низкогогорья.

Практически все элементы демонстрируют значительную вариабельность, вплоть до многократных превышений кларка литосферы, что говорит о контрастных литогеохимических условиях и распространении ландшафтно-геохимических барьеров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Золотов К.К., Федоров О.П. и др. Отчет по научно-исследовательской (тематической работе) «Концепция комплексного промышленного освоения Приполярного Урала на основе опережающего развития транспортной и энергетической инфраструктуры. Раздел «Недропользование». Книга 1. Екатеринбург — Ханты-Мансийск: Департамент по нефти, газу и минеральным ресурсам ХМАО-Югры, 2005. 506 с.
2. Юшкин Н.П. Урал промышленный — Урал Полярный // Вестник Института геологии КомиНЦ УрО РАН. 2006. № 1. С. 13-14.
3. Опекунов А.Ю. Экологическая седиментология. СПб.: Изд-во Санкт-Петербургского университета, 2012. 224 с.

4. Сысо А.И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 275 с.
5. Сорокина Е.П., Дмитриева Н.К., Карпов Л.К. и др. Анализ регионального геохимического фона как основа эколого-геохимического картирования равнинных территорий: на примере северной части Западно-Сибирского региона // Прикладная геохимия. Экологическая геохимия. 2001. № 2. С. 316-338.
6. Романова Т.И., Спиридонов А.Н., Спиридонова С.Ф. Геохимическая характеристика поверхностных вод бассейна реки Северная Сосьва // Вестник Югорского государственного университета, 2009. Вып. 3 (14). С. 74-79.
7. Ресурсная оценка земель Березовского района ХМАО. Братск: ФГУП «Ангарское землеустроительное проектно-изыскательское предприятие», 2002. 44 с.
8. Алексеенко В.А. Экологическая геохимия. М.: Логос, 2000. 627 с.
9. Справочник по геохимии / Г.В. Войткевич, А.В. Кокин, А.Е. Мирошников, В.Г. Прохоров. М.: Недра, 1990. 480 с.
10. Московченко Д.В. Нефтедобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области. Новосибирск: Наука, 1998. 112 с.
11. Волкова В.Г., Давыдова Н.Д. Техногенез и трансформация ландшафтов. Новосибирск: Наука, 1987. 192 с.
12. Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm
13. Московченко Д.В. Ландшафтно-геохимические особенности Приполярного и Северного Урала // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения, 2009. № 10. С. 197-209.
14. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
15. Добровольский В.В., Мельчаков Ю.Л. Динамика массообмена металлов в ландшафтно-геохимических условиях Среднего Урала // Природные и антропогенноизмененные биогеохимические циклы. Труды Биогеохимической лаборатории. Т. 21. М.: Наука, 1990. С. 89-99.
16. Добровольский В.В. Основы биогеохимии. М.: Академия, 2003. 400 с.

REFERENCES

1. Zoloev, K.K., Fedorov, O.P. et al. *Otchet po nauchno-issledovatel'skoi (tematicheskoi rabote) «Kontseptsii kompleksnogo promyshlennogo osvoeniia Pripoliarnogo Urala na osnove operezhaiushchego razvitiia transportnoi i energeticheskoi infrastruktury. Razdel «Nedropol'zovanie». Kniga 1* [The concept of integrated industrial development on the basis of Nether-Polar Urals advanced development of transport and energy infrastructure Report on research (thematic work). Subsoil Section. Book 1]. Ekaterinburg — Khanty-Mansiysk, 2005. 506 p. (in Russian).
2. Iushkin, N.P. Industrial Urals — Polar Urals. *Vestnik Instituta geologii KomiNTs UrO RAN — Bulletin of Institute of Geology, Komi Scientific Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences*. 2006. № 1. Pp. 13-14. (in Russian).
3. Opekunov, A.Iu. *Ekologicheskaiia sedimentologiia* [Environmental sedimentology]. St-Petersburg, 2012. 224 p. (in Russian).
4. Syso, A.I. *Zakonomernosti raspredeleniia khimicheskikh elementov v pochvo-obrazuiushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoi Sibiri* [Patterns of distribution of chemical elements in the soil-forming rocks and soils of Western Siberia]. Novosibirsk, 2007. 275 p. (in Russian).
5. Sorokina, E.P., Dmitrieva, N.K., Karpov, L.K. et al. Analysis of regional geochemical background as a basis for ecological and geochemical mapping lowland areas: the case of the northern part of Western Siberia. *Prikladnaia geokhimiia. Ekologicheskaiia geokhimiia — Applied Geochemistry. Environmental Geochemistry*. 2001. № 2. Pp. 316-338. (in Russian).

6. Romanova T.I., Spiridonov A.N., Spiridonova S.F. Geochemical characteristics of surface waters of the North Sosva basin. *Vestnik Iugorskogo gosudarstvennogo universiteta — Bulletin of Yugorsky State University*. 2009. V. 3 (14). Pp. 74-79. (in Russian).

7. *Resursnaia otsenka zemel' Berezovskogo raiona KhMAO* [Resource valuation of the lands in Berezovsky district of Khanty-Mansi Autonomous Area]. Bratsk, 2002. 44 p. (in Russian).

8. Alekseenko, V. A. *Ekologicheskaiia geokhimiia* [Environmental Geochemistry]. Moscow, 2000. 627 p. (in Russian).

9. *Spravochnik po geokhimii* [Handbook of Geochemistry] / Ed. by G.V. Voitkevich, A.V. Kokin, A.E. Miroshnikov, V.G. Prokhorov. Moscow, 1990. 480 p. (in Russian).

10. Moskovchenko, D.V. *Neftedobycha i okruzhaiushchaia sreda: ekologo-geokhimicheskii analiz Tiimenskoi oblasti* [Oil production and the environment: ecological and geochemical analysis of Tyumen Region]. Novosibirsk, 1998. 112 p. (in Russian).

11. Volkova, V.G., Davydova, N.D. *Tekhnogenez i transformatsiia landshaftov* [Technogenesis and transformation of landscapes]. Novosibirsk, 1987. 192 p. (in Russian).

12. Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp. URL: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

13. Moskovchenko, D.V. Landscape-geochemical features of Nether-Polar and North Urals. *Vestnik ekologii, lesovedeniia i landshaftovedeniia — Bulletin of Ecology, Forestry, and Landscape Science*. 2009. № 10. Pp. 197-209. (in Russian).

14. Perel'man, A.I. *Geokhimiia landshafta* [Landscape geochemistry]. Moscow, 1975. 342 p. (in Russian).

15. Dobrovol'skii, V.V., Mel'chakov, Iu.L. Dynamics of metals mass transfer under landscape-geochemical conditions of Middle Urals // *Prirodnye i antropogennoizmenennye biogeokhimicheskie tsikly. Trudy Biogeokhimicheskoi laboratorii. Vyp. 21* [Natural and anthro-genetically modified biogeochemical cycles. Proceedings of Biogeochemical Laboratory. V. 21]. Moscow, 1990. Pp. 89-99. (in Russian).

16. Dobrovol'skii, V.V. *Osnovy biogeokhimii* [Basic biogeochemistry]. Moscow, 2003. 400 p. (in Russian).

Автор публикации

Селиванова Дарья Александровна — старший научный сотрудник Научно-аналитического центра рационального недропользования им. В.И. Шпилмана (Ханты-Мансийск)

Authors of the publication

Darya A. Selivanova — Senior Researcher, Shpilman Research and Analytical Centre for the Rational Use of the Subsoil (Khanty-Mansiysk)