

© Д. В. МОСКОВЧЕНКО¹, А. Г. БАБУШКИН²

¹ИПОС СО РАН,

²Институт геоинформационных систем
moskovchenko@hotmail.ru

УДК 631.4

**ФОНОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ МЕТАЛЛОВ
В ПОЧВАХ СЕВЕРА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ**

**BACKGROUND LEVEL OF MOBILE FORMS
OF METALS IN SOILS OF NORTHWEST SIBERIA**

В статье представлены результаты исследования содержания подвижных форм металлов (Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Fe) в почвах таежной зоны Западной Сибири. Наблюдается значительное варьирование элементного состава, коэффициенты вариации превышают 100%, что связано с различиями генезиса минеральных и торфяных почв, разнообразием почвообразующих пород, наличием геохимических барьеров. Для торфяных почв важнейшее значение имеют процессы биологического накопления элементов, что приводит к росту концентрации цинка, свинца и марганца. Отмечено, что доля подвижных форм металлов в почвах северных районов Западной Сибири больше, чем в южных лесостепных и степных, что связано с более кислой реакцией, отсутствием карбонатных пород. Несмотря на отсутствие источников загрязнения, отмечен ряд случаев превышения ПДК. Наиболее часто превышение отмечается для марганца (2,1% проанализированных проб). Случаи превышения ПДК таких элементов, как Pb, Zn, Cu, Mn и Ni чаще отмечаются в торфяных почвах, чем в минеральных, что связано с биологическим накоплением, сорбцией и аккумуляцией на окислительном геохимическом барьере.

The article presents the results of studies of the mobile forms of metals (Pb, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Fe) in the soils of the taiga zone of Western Siberia. There is a significant variation in the elemental composition, the coefficients of variation greater than 100% due to the differences of the genesis of mineral and peat soils, the diversity of soil-forming rocks, the presence of geochemical barriers. For peat soils are essential processes of biological accumulation of elements, which leads to an increase in the concentration of zinc, lead and manganese. It is noted that the share of mobile forms of metals in soils of the Northern regions of Western Siberia more than in the southern forest-steppe and steppe, which is associated with the more acidic, the lack of carbonate rocks. Despite the lack of pollution sources, the observed number of cases exceeding MPC. Most often the excess observed for manganese (2.1% of analyzed samples). Cases of the maximum permissible concentration of elements such as Pb, Zn, Cu, Mn and Ni are more frequent in peat soils than in the mineral, which is due to bioaccumulation, sorption and accumulation of oxidative geochemical barrier.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Почвы, микроэлементы, Западная Сибирь, нефтедобыча, торф.

KEY WORDS. Soils, trace elements, West Siberia, oil production, peat.

Введение

В последнее время проведены многочисленные исследования, показывающие изменение микроэлементного состава почв севера Западной Сибири под влиянием техногенных факторов. Отмечалось, что загрязнение буровыми сточными водами торфяных почв в Среднем Приобье приводит к их сильному обогащению галогенами и тяжелыми щелочноземельными металлами [5], в нефтезагрязненных почвах наблюдается рост содержания никеля и свинца [4]. На полуострове Ямал разливы буровых растворов приводят к росту концентрации в тундровых глеевых почвах бария, стронция, свинца, цинка [13].

Основное внимание при исследованиях микроэлементного состава почв уделяется валовым формам металлов. Однако наибольшую экологическую опасность представляют подвижные формы, легко мигрирующие в составе почвенных растворов и накапливающиеся в живых организмах. Поэтому в программах мониторинга на нефтяных месторождениях Ханты-Мансийского автономного округа-Югры предусмотрен анализ подвижных форм металлов, для которых утверждены соответствующие нормативы — ПДК [8]. Однако объективный научный анализ получаемых данных требует, кроме сопоставления с ПДК, знания о фоновом содержании металлов в почвах различной типологической принадлежности. Одним из условий корректного проведения мониторинга является установление фонового содержания элементов (в первую очередь тяжелых металлов) в почвах различных природных зон вне влияния техногенных факторов [7]. В научной литературе сведений о содержании подвижных форм металлов (извлекаемых ацетатно-аммонийным буферным раствором — ААБ с рН=4.8) в почвах севера Западной Сибири крайне мало. Наиболее обстоятельным исследованием является анализ их содержания в аллювиальных почвах поймы Оби [9], что не охватывает все многообразие почв региона. Цель работы — проанализировать закономерности распределения подвижных форм свинца, меди, цинка, никеля, хрома, марганца, железа в различных почвах таежной зоны Западной Сибири вне сферы влияния техногенеза, что позволяет определить «точку отсчета» для оценки загрязнения.

Материалы и методы

В статье использованы результаты мониторинга почв, проведенного недропользователями на лицензионных участках нефтедобычи ХМАО-Югры. Для достижения поставленной цели были обработаны данные, полученные в 2013 г. в 415 фоновых пунктах опробования, расположенных на 207 лицензионных участках. Опробование проводилось преимущественно в центральной части округа, на территории Сургутского и Нижневартовского районов (рис. 1). Пункты фоновых наблюдений размещены на незагрязненных территориях, вне зоны прямого влияния объектов нефтедобычи на расстоянии 500 и более метров от источников воздействия.

В соответствии с нормативно-методическими документами, регламентирующими проведение мониторинга [11, 16], отбор почвенных образцов был проведен методом «конверта» с глубины 0-20 см в конце теплого периода года (август —

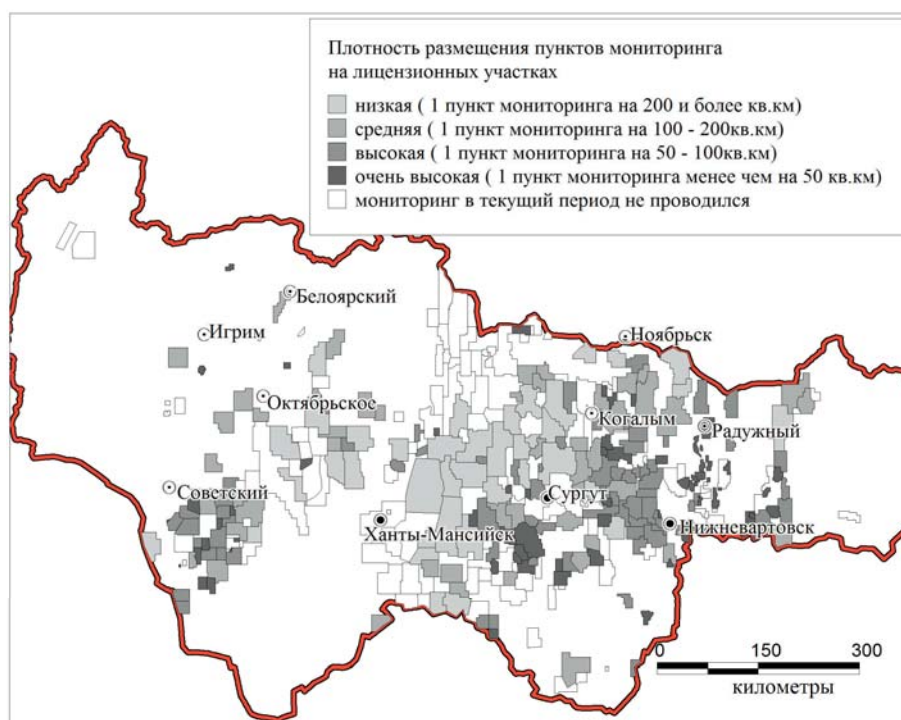


Рис. 1. Лицензионные участки нефтедобычи, на которых проводился отбор проб почв

сентябрь). В почвах было определено содержание подвижных форм свинца, цинка, марганца, никеля, меди, хрома, общего железа, а также показателей, определяющих аккумуляцию и миграцию элементов — общее содержание органических веществ (Сорг) и значение потенциальной кислотности рН_{сол}. Выполнение химических анализов проводилось в аккредитованных химических лабораториях: в филиале ФБУ «ЦЛАТИ по УФО» по ХМАО-Югре (Ханты-Мансийск) и его Сургутском и Нижневартовском отделах, Сургутском центре «Экология», ЦБЛ ИЭВЦ ОАО «Сургутнефтегаз», лаборатории ООО «ХМРО РАЕН-НефтеГазПроект» (г. Нижневартовск), лаборатории мониторинга природной среды ОАО «ТомскНИПИнефть ВНК». Анализ элементного состава почв выполнен с использованием атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Подвижные формы металлов (кроме железа) были извлечены ацетатно-аммонийным буферным раствором с рН=4,8. Экстрагирование железа проводилось с использованием 0,1 Н соляной кислоты.

На предварительной стадии была проведена проверка результатов, выявившая ряд лабораторно-аналитических ошибок и погрешностей в заполнении баз данных. Данные, не соответствующие общим требованиям, были исключены и в дальнейшем не использовались. Математическая обработка включала в себя определение статистических параметров, проверку законов распределения, вычисление коэффициентов корреляции. По величине t-критерия Стьюдента оценивали достоверность отличия среднего содержания каждого из химических элементов в двух группах почв — органогенных (торфяных) и литогенных

(минеральных). Значения ниже предела обнаружения при вычислениях учитывались как половинные значения от нижнего предела измерений [10]. Для обработки результатов использовался пакет программ Statistica 6.0.

Результаты и обсуждение

Известно, что состав почв зависит от их типологической принадлежности. Наиболее существенные различия свойственны почвам разного генезиса, в частности, органогенным и литогенным. Отмечалось, что в Среднем Приобье геохимические особенности торфяных (болотных) и минеральных почв вследствие процессов биологического накопления радикально отличаются [6]. Поэтому на первом этапе статистической обработки данных был проведен анализ варибельности показателей, проверка законов распределения и оценка однородности выборки.

Анализ показал отсутствие нормального распределения всех показателей химического состава почв. Распределение органического вещества имеет два максимума в противоположных концах шкалы: 0-10 % и от 85-100 % (рис. 2), что говорит о неоднородности выборки. Очевидно, что почвы с содержанием Сорг 80-100 % относятся к торфяным, а с концентрациями 0-10 % — к минеральным (рис. 2). Это подтверждается и гистограммой значений pH, где выделяются максимумы в диапазонах 3,5-4,0 и 5,0-5,5 единиц, также соответствующие органогенным (сильнокислым) и литогенным (кислым) почвам. Содержание подвижных форм металлов подчиняется законам логнормального и гамма-распределения (рис. 2), что соответствует логнормальному распределе-

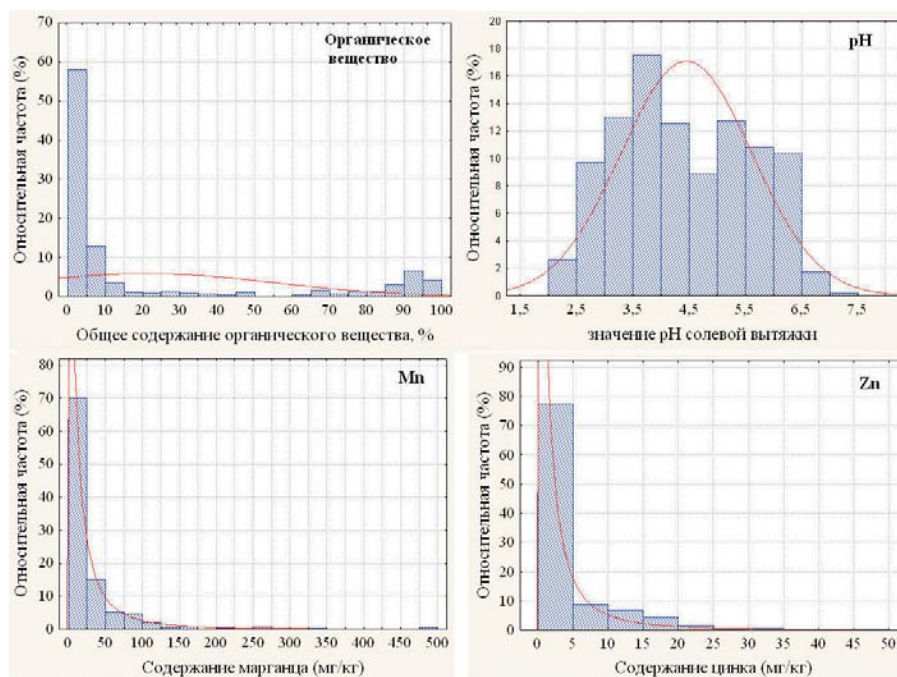


Рис. 2. Гистограммы распределения pH, С орг., легкоподвижных форм Mn и Zn в почвах нефтяных месторождений ХМАО-Югры

нию валовых форм Сг, Сс, Мп, Ni, Рb, Zn, выявленному в ранее в почвах юго-востока Западной Сибири [20].

Неоднородность выборки, в которую входят как торфяные, так и минеральные почвы, потребовала разделения ее на два подмножества. Дальнейшая обработка результатов включала в себя проверку достоверности различий данных двух подмножеств с использованием t-критерия и определение статистических параметров, представленных в табл. 1. Логнормальное распределение делает более пригодным для установления региональных нормативов вычисление среднего геометрического значения.

По величине t-критерия торфяные почвы достоверно отличаются от литогенных по большинству определяемых показателей, за исключением хрома, меди, никеля. Однако отсутствие различий по содержанию этих элементов связано со значительной долей проб (около 50%), в которых содержание этих элементов было ниже предела обнаружения и при анализе использовались половинные значения, совпадающие для органогенных и литогенных почв.

Проведенное обобщение показывает, что торфяные почвы ХМАО-Югры, как правило, имеют сильнокислую реакцию, минеральные — преимущественно кислую, что совпадает с проведенными ранее оценками кислотно-щелочных условий почв различных участков севера Западной Сибири [2, 12, 19]. Среднее геометрическое значение содержания органического вещества в минеральных

Таблица 1

Статистические показатели состава почв и величины t-критерия Стьюдента, отражающего различие средних

Показатели	n	M	Mgeom	Q1	Q3	SD							t- критерий
							Торфяные почвы			Минеральные почвы			
рН сол., ед.	161	3,93	3,74	2,90	4,94	1,26	333	4,78	4,67	3,90	5,70	1,01	-8,11
Орг. вещество, %	147	68,6	52,3	21,7	93,0	39,2	333	5,68	1,76	0,70	4,60	13,43	21,1
Железо, мг/кг	147	1033	267	115	848	2064	287	1585	353	127	1141	3178	-1,99
Марганец, мг/кг	145	42,3	18,8	9,8	40,1	97,7	286	24,9	11,8	6,2	23,8	36,7	2,67
Медь, мг/кг	145	0,46	0,31	0,20	0,50	0,81	287	0,48	0,31	0,20	0,50	1,15	-0,14
Никель, мг/кг	145	0,74	0,45	0,20	0,54	1,02	287	0,60	0,40	0,25	0,50	0,64	1,84
Свинец, мг/кг	145	1,71	0,94	0,30	2,11	2,06	287	0,88	0,57	0,25	1,20	0,97	5,68
Хром, мг/кг	145	0,63	0,38	0,24	0,54	0,70	288	0,64	0,37	0,25	0,50	0,93	-0,12
Цинк, мг/кг	146	6,90	2,97	0,75	10,30	8,86	285	2,02	0,82	0,25	1,70	4,09	7,83

M — среднее арифметическое, Mgeom — среднее геометрическое, Q1, Q3 — верхний и нижний квартили, SD- стандартное отклонение. Выделены полужирным шрифтом значения t-критерия, превышающие критическое значение $t_{кр}=1,96$ и показывающие достоверность отличий при 95% уровне значимости

почвах (1,76%) ниже среднего значения, полученного Н. А. Аветовым [2] по результатам анализа содержания гумуса в автоморфных почвах Среднеобской низменности и составляющего 4,2%. Вероятно, это связано со значительной долей среди описываемых нами почв песчаных Al-Fe гумусовых подзолов, отличающихся крайне низким содержанием органических веществ.

Статистический анализ показал значительное варьирование содержания химических элементов — величина стандартного отклонения больше значения среднего арифметического, т. е. коэффициент вариации превышает 100%. Причины этого — неоднородность литологического сложения, а также резкие различия в содержании органического вещества, повышенная кислотность, контрастные окислительно-восстановительные условия, вследствие чего происходит рост или, наоборот, снижение концентрации в верхних горизонтах почв тех или иных химических элементов.

Содержание микроэлементов в литогенных почвах зависит в значительной степени от почвообразующих пород, в то время как для органогенных первостепенное значение имеют процессы биологического накопления. Различия между органогенными и литогенными почвами сильнее всего проявляются по содержанию цинка — элемента с наивысшей биофильностью среди халькофильных металлов [15]. Среднее геометрическое значение содержания Zn в органогенных почвах в 3,6 раза выше, чем в литогенных. Концентрация свинца и марганца в торфяных почвах выше в 1,6 раза, однако железо демонстрирует противоположную тенденцию — его содержание выше в минеральных почвах. Очевидно, что повышенное содержание Zn, Pb и Mn вызвано активным биологическим накоплением с последующим закреплением в торфе. Подтверждением этому является максимальная среди обследованных элементов корреляционная зависимость ($r=0.55$) с содержанием органического вещества (табл. 2).

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции Спирмена

Показатели	pHсол	Сорг	Fe	Mn	Cu	Ni	Pb	Cr	Zn
pHсол	1,00	-0,39	-0,10	-0,21	-0,17	-0,21	-0,23	-0,15	-0,44
Сорг		1,00	0,00	0,31	0,11	0,15	0,30	0,17	0,55
Fe			1,00	0,27	0,17	0,37	0,42	0,42	0,20
Mn				1,00	0,14	0,16	0,16	0,11	0,41
Cu					1,00	0,65	0,47	0,68	0,15
Ni						1,00	0,55	0,69	0,24
Pb							1,00	0,49	0,55
Cr								1,00	0,23
Zn									1,00

Зависимость содержания металлов от величины рН, как правило, отрицательная, в более кислых почвах происходит накопление цинка, свинца, никеля, что, вероятно, также связано с биологическим накоплением в сильноокислых торфяных почвах.

Содержание подвижных форм меди, свинца, никеля, хрома, как правило, не превышает 1 мг/кг и не достигает уровня ПДК. Доля проб, в которых выявлено превышение ПДК, составляет от 0,5% (Сг) до 2,1 % (Мп) (табл. 3). Более часто превышение ПДК таких элементов, как Рb, Zn, Cu, Ni и Мп отмечается в торфяных почвах. Минеральные почвы характеризуются большей частотой превышения ПДК хрома.

Учитывая, что почвы являются фоновыми и находятся вне зон прямого техногенного влияния, случаи превышения ПДК связаны с природными процессами. Интенсивное накопление биофильных элементов (свинца, цинка, марганца) в торфе верховых и особенно низинных болот неоднократно отмечалось различными исследователями. Это связано способностью металлов, особенно свинца, прочно сорбироваться органическим веществом. Рост концентрации элементов, родственных железу (Сг и Ni) может быть связан с аккумуляцией на окислительном геохимическом барьере.

Представляет интерес сопоставление полученных результатов с данными об элементном составе почв сопредельных участков Западно-Сибирской равнины. Отмечалось, что в аллювиальных почвах Средней Оби содержание легкоподвижных (извлекаемых ААБ) форм металлов изменяется в следующих пределах: Мп — 4,9-69,7 мг/кг, Cu — 0,15-1,5 мг/кг, Zn — 0,35-2,12 мг/кг [9]. Эти показатели в целом соответствуют данным по почвам ХМАО-Югры, хотя в нашем исследовании разброс значений значительно больше. Это вполне объяснимо с учетом широкого спектра литологических геоморфологических, биоклиматических и других факторов на территории округа.

Значительный интерес представляет анализ распределения в почвах железа — типоморфного элемента доминирующих на севере Западной Сибири

Таблица 3

**Частота выявления случаев
превышения ПДК тяжелых металлов**

Элемент	ПДК	Доля проб с превышением ПДК, %		
		Всего	Литогенные почвы	Торфяные почвы
Pb	6	1,6	4,1	0,3
Zn	23	1,9	4,1	0,7
Cu	3	1,6	2,1	1,4
Mn	140	2,1	3,4	1,4
Ni	4	1,2	2,1	0,7
Cr	6	0,5	0,0	0,7

ландшафтов кислого глеевого класса водной миграции. Торфяные почвы севера Западной Сибири отличаются повышенным содержанием Fe [12]. Почва, недавно загрязненная нефтью, сильно обогащена железом, но со временем, как это происходит и в фоновых торфяных болотах, Fe активно мигрирует, и загрязненный нефтью торф его теряет [4]. В предшествующих исследованиях содержание подвижного железа в верховых торфах Западной Сибири определено на уровне 0,03-0,16% [3]. Согласно данным мониторинга, на территории ХМАО-Югры наблюдается значительно более широкий диапазон варьирования — от почти полного отсутствия до нескольких процентов, причем в органических почвах концентрация этого элемента ниже, чем в минеральных. Верхний и нижний квартили составляют для органических почв соответственно 115-848 мг/кг, для минеральных 127-1141 мг/кг. Таким образом, преобладают концентрации менее 1000 мг/кг, однако обнаруживаются и почвы с содержанием Fe более 1%, что связано с накоплением на окислительном барьере. Отмечалось, что в контрастных окислительно-восстановительных условиях полугидроморфных почв в горизонте Bgf доля подвижных форм железа, представленных преимущественно железо-органическими соединениями, составляет около 1% [14].

Проведенные нами подсчеты показали, что в почвах ХМАО-Югры содержание подвижных форм (в процентах от валового) изменяется в следующих пределах: Cr — 0,4-1,0%, Ni — 1-4%, Mn — 1,8-5,7%, Cu — 1-3%, Pb — 4-9%, Zn — 2-6%. Согласно данным А. И. Сысо [18], доля подвижных форм металлов в почвах юга Западной Сибири составляет: Cr — 0,3%, Ni — 1,2%, Mn — 12%, Cu — 0,3%, Pb — 1,9%, Zn — 1,5%. Таким образом, доля подвижных форм в более северных районах выше, что связано с более кислой реакцией почвенных растворов, преобладанием малогумусных минеральных почв, отсутствием в почвообразующих породах связывающих металлы карбонатов.

Выводы

В почвах ХМАО-Югры наблюдается значительное варьирование содержания легкоподвижных форм микроэлементов и железа, что связано с различиями генезиса минеральных и торфяных почв, разнообразием почвообразующих пород, наличием геохимических барьеров. Кислая и сильноокислая реакция почв способствует высокой подвижности металлов. Торфяные и минеральные почвы различаются по содержанию цинка, марганца и свинца, что связано с процессами биологического накопления. Случаи превышения ПДК таких элементов, как Pb, Zn, Cu, Mn и Ni чаще отмечаются в торфяных почвах, чем в минеральных, что связано с биологическим накоплением, сорбцией и аккумуляцией на окислительном геохимическом барьере. Учитывая, что легкоподвижные формы металлов представляют максимальную экологическую опасность, необходим дальнейший контроль за их содержанием в почвах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аветов Н. А., Аветян С. А., Дорофеева Е. И. Автоморфные таежные почвы среднеобской низменности / Н. А. Аветов, С. А. Аветян, Е. И. Дорофеева, С. Я. Трофимов // Почвоведение. 2012. № 7. С. 728-734.

2. Аветов Н., Гаврилова И., Тонконогов В. Почвы / Н. Аветов, И. Гаврилова, В. Тонконогов // Атлас Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Т. 2. Природа и Экология. Ханты-Мансийск — Москва, 2004. С. 77-79.
3. Архипов В. С., Бернатонис В. К., Резчиков В. И. Железо в торфах центральной части Западной Сибири / В. С. Архипов, В. К. Бернатонис, В. И. Резчиков // Почвоведение. 1997. № 3. С. 345-351.
4. Водяницкий Ю. Н., Аветов Н. А., Савичев А. Т. Влияние загрязнения нефтью и пластовыми водами на зольный состав олиготрофных торфяных почв в районе нефтедобычи (Приобье) / Ю. Н. Водяницкий, Н. А. Аветов, А. Т. Савичев // Почвоведение. 2013. № 10. С. 1253-1262.
5. Водяницкий Ю. Н., Аветов Н. А., Савичев А. Т. Содержание химических элементов в торфяных почвах, засоленных буровыми сточными водами на участке добычи нефти в Среднем Приобье / Ю. Н. Водяницкий, Н. А. Аветов, А. Т. Савичев // Агрохимия. 2013. № 1. С. 75-84.
6. Водяницкий Ю. Н., Савичев А. Т., Аветов Н. А. Геохимические особенности верховых торфяных почв в средней тайге Среднего Приобья / Ю. Н. Водяницкий, А. Т. Савичев, Н. А. Аветов // Бюллетень Почвенного института им. В. В. Докучаева. 2011. Вып. 69. С. 35-45.
7. Глазовская М. А., Касимов Н. С., Теплицкая Т. А. Ландшафтно-геохимические основы фонового мониторинга природной среды / М. А. Глазовская, Н. С. Касимов, Т. А. Теплицкая. М.: Наука, 1989. 264 с.
8. ГН 2.1.7.2041-06. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Дата введения 1 апреля 2006 г. URL: <http://docs.procspsb.ru/content/base/88452?print=1>
9. Изерская Л. А., Воробьева Т. Е. Формы соединений тяжелых металлов в аллювиальных почвах Средней Оби / Л. А. Изерская, Т. Е. Воробьева // Почвоведение. 2000. № 1. С. 56-62.
10. Методические рекомендации 18.1.04-2005. Система контроля качества результатов анализа проб объектов окружающей среды. СПб., 2005.
11. Методические рекомендации по применению требований к определению исходной (фоновой) загрязненности компонентов природной среды, проектированию и ведению системы экологического мониторинга в границах лицензионных участков недр на территории Ханты-Мансийского автономного округа. Ханты-Мансийск: ГП Полиграфист, 2004. 92 с.
12. Московченко Д. В. Биогеохимические особенности верховых болот Западной Сибири / Д. В. Московченко // География и природные ресурсы. 2006. № 1. С. 63-70.
13. Московченко Д. В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-геохимический анализ Тюменской области / Д. В. Московченко. Новосибирск: Наука; Сиб. предприятие РАН, 1998. 112 с.
14. Нечаева Е. Г. Ландшафтно-геохимический анализ динамики таежных геосистем / Е. Г. Нечаева Иркутск: Ин-т географии СО АН СССР, 1985. 209 с.
15. Перельман А. И., Касимов Н. С. Геохимия ландшафта / А. И. Перельман, Н. С. Касимов. М: Астрей-2000. 1999. 763 с.
16. Постановление Правительства ХМАО-Югры от 23.12.2011 № 485-п «О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского автономного округа — Югры и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Ханты-Мансийского автономного округа — Югры». URL: <http://www.ecology.admhmao.ru/wps/portal/eco/home/docs>

17. Смоленцев Б. А. Структура почвенного покрова Сибирских Увалов / Б. А. Смоленцев. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. 117 с.
18. Сысо А. И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири / Сысо А. И. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 275 с.
19. Хренов В. Я. Почвы криолитозоны Западной Сибири: морфология, физико-химические свойства, геохимия / В. Я. Хренов. Новосибирск: Наука, 2011. 211 с.
20. Экогеохимия Западной Сибири. Тяжелые металлы и радионуклиды. Новосибирск: Изд-во СО РАН; НИЦ ОИГТМБ, 1996. 246 с.

REFERENCES

1. Avetov N. A., Avetisyan S. A., Dorofeeva E. I., Trofimov S. Y. Avtomorfnyie taezhnyie pochvyi sredneobskoy nizmennosti [Automorphic taiga soils of the middle Ob lowland] // Pochvovedenie [Soil Science]. 2012. No 7. Pp. 728-734. (In Russian)
2. Avetov N., Gavrilova I, Tonkonogov V. Pochvyi [Soil] // Atlas Hantyi-Mansiyskogo avtonomnogo okruga — Yugryi. T. 2. Priroda i Ekologiya [Atlas of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra. V. 2 Nature and Ecology]. Khanty-Mansiysk-Moscow, 2004, Pp. 77-79. (In Russian)
3. Arkhipov V. S, Bernatonis V. K., Rezchikov V. I. Zhelezo v torfah tsentralnoy chasti Zapadnoy Sibiri [Iron in peat in the Central part of Western Siberia] // Pochvovedenie [Soil science]. 1997. No 3. Pp. 345-351. (In Russian)
4. Vodyanitsky Y. N., Aitov N. A., Savitchev A. T. Soderzhanie himicheskikh elementov v torfyaniykh pochvah, zasolennykh burovymi stochnyimi vodami na uchastke dobyichi nefi v Srednem Priobe [The content of chemical elements in peat soils, saline drilling wastewater in the area of oil production in the Middle Ob] // Agrohimiya [Agrochemistry]. 2013. No 1. Pp 75-84. (In Russian)
5. Vodyanitsky Y. N., Avetov N. A., Savitchev A. T. Vliyanie zagryazneniya neftyu i plastovymi vodami na zolnyiy sostav oligotrofnyykh torfyaniykh pochv v rayone nefedobyichi (Priobe) [Effect of pollution by oil and formation water in the ash composition of oligotrophic peat soils in the area of oil production (Ob)] // Pochvovedenie [Soil Science]. 2013. No 10. Pp. 1253-1262. (In Russian)
6. Vodyanitsky Y. N., Savitchev A. T., Avetov N. A. Geohimicheskie osobennosti verhovyykh torfyaniykh pochv v sredney tayge Srednego Priobyia [Geochemical features of upland peat soils in the middle taiga Middle Ob] // Byulleten Pochvennogo instituta im. V.V. Dokuchaeva [Bulletin of Soil Science Institute. V. V. Dokuchaev]. 2011. V. 69. Pp. 35-45. (In Russian)
7. Glazovskaya M. A., Kasimov N. S., Teplitskaya T. A. Landshaftno-geohimicheskie osnovy fonovogo monitoringa prirodnoy sredy [Landscape-geochemical background bases of environmental monitoring]. Moscow: Nauka [Science], 1989. 264 p. (In Russian)
8. GN 2.1.7.2041-06. Gigienicheskie normativy. Predelno dopustimyye kontsentratsii (PDK) himicheskikh veschestv v pochve. Data vvedeniya 1 aprelya 2006 g [GN 2.1.7.2041-06. Hygienic standards. The maximum permissible concentration (MPC) of chemical substances in the soil. Date of the April 1, 2006]. <http://docs.procsph.ru/content/base/88452?print=1> (In Russian)
9. Izerskaya L. A., Vorobyova T. E. Formy soedineniy tyazhelykh metallov v allyuvialnykh pochvah Sredney Obi [Forms of the compounds of heavy metals in alluvial soils of the Middle Ob] // Pochvovedenie [Soil Science]. 2000. No 1. Pp. 56-62. (In Russian)

10. Metodicheskie rekomendatsii 18.1.04-2005. Sistema kontrolya kachestva rezultatov analiza prob ob'ektov okruzhayushey sredy [Guidelines 18.1.04-2005. System of quality control results of the analysis of samples of the environment]. St. Petersburg, 2005. (In Russian)
11. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniyu trebovaniy k opredeleniyu ishodnoy (fonovoy) zagryaznennosti komponentov prirodnoy sredy, proektirovaniyu i vedeniyu sistemyi ekologicheskogo monitoringa v granitsah litsenzionnykh uchastkov nedr na territorii Hantyi-Mansiyskogo avtonomnogo okruga [Guidelines on the application of the requirements for the definition of the initial (background) contamination of environmental components, designing and conducting environmental monitoring system within the boundaries of license areas in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug]. Khanty-Mansiysk: GP Poligrafist, 2004. 92 p. (In Russian)
12. Moskovchenko D. V. Biogeoхимические особенности верховых болот Западной Сибири [Biogeochemical features of raised bogs in West Siberia] // География и природные ресурсы [Geography and natural resources]. 2006. No 1. Pp. 63-70. (In Russian)
13. Moskovchenko D. V. Neftegazodobyicha i okruzhayuschaya sreda: ekologo-geohimicheskiy analiz Tyumenskoй oblasti [Oil and Gas production and the Environment: Ecological and geochemical analysis of the Tyumen region]. Novosibirsk: Nauka [Science], Sib. predpriyatie RAN [Russian Academy of Sciences Sib. Branch], 1998. 112 p. (In Russian)
14. Nechaeva E.G. Landshaftno-geohimicheskiy analiz dinamiki taezhnykh geosistem [Landscape-geochemical analysis of the dynamics of taiga geosystems]. Irkutsk: In-t geografii SO AN SSSR [Institute of Geography of the Academy of Sciences of the USSR], 1985. 209 p. (In Russian)
15. Perelman A. I., Kasimov N. S. Geohimiya landshafta [Landscape Geochemistry]. M.: Astrea-2000. 1999. 763 p. (In Russian)
16. Postanovlenie Pravitelstva HMAO-Yugryi ot 23.12.2011 No 485-p "O sisteme nablyudeniya za sostoyaniem okruzhayushey sredy v granitsah litsenzionnykh uchastkov na pravo polzovaniya nedrami s tselyu dobyichi nefi i gaza na territorii Hantyi-Mansiyskogo avtonomnogo okruga-Yugryi i priznanii utrativshimi silu nekotorykh postanovleniy Pravitelstva Hantyi-Mansiyskogo avtonomnogo okruga-Yugryi [Resolution of the Government of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug of 23 December 2011 № 485-p 'On the system of observation of the environment within the boundaries of the license areas for the right to use natural resources for oil and gas in the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra and Repeal of certain decisions of the Government of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Yugra']". <http://www.ecology.admhmao.ru/wps/portal/eco/home/docs> (In Russian)
17. Smolentsev B. A. Struktura pochvennogo pokrova Sibirskikh Uvalov [The structure of the soil cover of the Siberian ridges]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN [Publishing House of SB RAS], 2002. 117 p. (In Russian)
18. Syso A. I. Zakonomernosti raspredeleniya himicheskikh elementov v pochvoobrazuyuschih porodah i pochvah Zapadnoy Sibiri [Patterns of distribution of chemical elements in soil-forming rocks and soils of Western Siberia]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN [Publishing House of SB RAS], 2007. 275 p. (In Russian)
19. Hrenov V. J. Pochvy kriolitozony Zapadnoy Sibiri: morfologiya, fiziko-himicheskie svoystva, geohimiya [Soil Soils of the permafrost zone of Western Siberia: morphology, physical and chemical properties, geochemistry]. Novosibirsk: Nauka, 2011. 211 p. (In Russian)

20. Ekogeohimiya Zapadnoy Sibiri. Tyazhelyie metallyi i radionuklidy [Ecogeochemistry of the Western Siberia. Heavy metals and radionuclides]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN; NITs OIGGMB [Publishing House of SB RAS; SIC OIGGMB], 1996. 246 p. (In Russian)

Авторы публикации

Московченко Дмитрий Валерьевич — доктор географических наук, главный научный сотрудник ИПОС СО РАН, г. Тюмень

Бабушкин Алексей Георгиевич — кандидат технических наук, Институт геоинформационных систем, г. Тюмень

Authors of the publication

Dmitry V. Moskovchenko — Dr. Sci. (Geogr.), Leading Researcher of Institute of Problems Development of the North, Russian Academy of Sciences (Siberian Branch), Tyumen

Aleksey G. Babushkin — Cand. Sci (Tech.), Institute of Geoinformation Systems, Tyumen