

Фоновое содержание тяжёлых металлов, мышьяка и углеводородов в почвах Большеземельской тундры

© 2010. А. А. Дымов¹, к.б.н., н.с., Е. М. Лаптева¹, к.б.н., зав. отделом, А. В. Калашников², к.б.н., доцент, С. В. Денева¹, к.б.н., н.с.,

¹ Институт биологии Коми научного центра УрО РАН,

² Архангельский государственный технический университет,

e-mail: aadymov@gmail.com

В работе представлены результаты оценки содержания тяжёлых металлов, мышьяка и углеводородов в верхних генетических горизонтах основных типов целинных почв Большеземельской тундры. Показано, что содержание ртути, свинца, меди, цинка и никеля в почвах фоновых ландшафтов значительно меньше установленных ориентировочно-допустимых концентраций (ОДК). Региональной геохимической спецификой территории является повышенное содержание мышьяка, приближающееся, а в некоторых случаях превышающее ОДК, в торфяных, аллювиальных и автоморфных почвах, развитых на песчаных почвообразующих породах.

The article presents the results of evaluating the amount of heavy metals, arsenic and hydrocarbons in the upper genetic horizons of the most typical types of virgin soil of the Bolshezamelskaya tundra. It is shown that the amount of mercury, lead, copper, zinc, nickel in background landscapes' soil is much less than it is assigned by the tentatively permissible concentrations (TPC). Regional geochemical specifics of the territory consists in the increased amount of arsenic that is close and in some places even over TPC in peat, alluvial and automorphic soils on sand soil-forming rocks.

Ключевые слова: Большеземельская тундра, тяжёлые металлы, содержание загрязняющих веществ в почвах

Key words: Bolshezamelskaya tundra, heavy metals, amount of pollutants in soil

Почвы – один из ключевых компонентов наземных экосистем. Они в значительной степени регулируют химический состав поверхностных и грунтовых вод, приземного слоя атмосферы, биоты и в целом определяют устойчивость экосистем к различным типам антропогенного воздействия. Почвы субарктики, наземные экосистемы которой испытывают в последние десятилетия существенное усиление антропогенного прессы, наиболее ранимы и быстро деградируют под влиянием техногенного фактора [1 – 3]. Изменение почв на территории Большеземельской тундры, в первую очередь, связано с нефтегазовой промышленностью [4 – 6]. Для качественной оценки возможного химического загрязнения природной среды необходимо представление о фоновом содержании загрязняющих веществ в основных компонентах нативных экосистем – почвах, растительности, воде, донных отложениях и т.д. К настоящему времени детально исследовано содержание и профилное распределение тяжёлых металлов (ТМ) в почвах таёжных экосистем европейского Северо-Востока [7, 8], установлены нормативы фонового содержания ТМ и углеводородов в почвах южных районов Республики Коми [9].

Цель данной работы заключалась в оценке содержания мышьяка, тяжёлых металлов и углеводородов в основных типах целинных почв Большеземельской тундры.

Объекты и методы

Исследования проводили в Воркутинском районе Республике Коми (РК) и Ненецком автономном округе (НАО). Согласно почвенно-географическому районированию, территория проведения исследований входит в Канино-Печорскую провинцию тундровой европейской области [10]. Фоновые участки для отбора проб подбирали таким образом, чтобы исключить возможное антропогенное загрязнение почвенного покрова. Диагностику и идентификацию почв проводили согласно [11]. В процессе сбора материала осуществляли геохимическое опробование как верхних генетических горизонтов (до глубины 20–30 см), которые в первую очередь исследуются при проведении инженерно-экологических изысканий [12], так и опорных разрезов, которые закладывали в наиболее типичных ландшафтах. Количественный химический анализ почв

выполнен в экоаналитической лаборатории «Экоаналит» Института биологии Коми НЦ УрО РАН. Гранулометрический состав определен по Качинскому с диспергацией и кипячением в присутствии NaOH [13], рН водной и солевой суспензий – потенциометрически со стеклянным электродом [14]. Определение содержания металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, ртути) и мышьяка проведено в соответствии с аттестованными методиками [15]. Нефтепродукты экстрагировали гексаном с последующим определением на анализаторе «Флюорат-2» [16].

В совокупности исследованы почвы 115 фоновых участков. Статистическая обработка полученного массива данных проведена с учётом типа почвы, генетического горизонта, гранулометрического состава почвообразующих пород.

Результаты и обсуждение

Почвенный покров исследуемой территории характеризуется значительной пестротой и комплексностью. Здесь распространены преимущественно болотно-тундровые торфянисто- (торфяно)-глеевые, тундровые остаточноторфяные мерзлотные, болотные верховые торфяные мерзлотные и тундровые поверхностноглеевые почвы, на долю которых в сумме приходится более 80 % территории. При этом на территории Воркутинского района РК основную площадь занимают болотно-тундровые торфянисто- (торфяно)-глеевые и тундровые поверхностноглеевые почвы, а на территории НАО преоблада-

ют тундровые остаточноторфяные мерзлотные и болотные верховые торфяные мерзлотные с возрастанием доли тундровых иллювиально-гумусовых оподзоленных и болотно-тундровых торфянисто- (торфяно)-глеевых почв (рис. 1).

Почвы обследованной территории характеризуются низким региональным уровнем содержания свинца и меди, низким и средним – никеля, цинка и ртути, средним и повышенным – кадмия и мышьяка. Для пространственного распределения тяжёлых металлов выявлена положительная асимметричность, обусловленная тем, что практически для всех тяжёлых металлов основная часть вариаций приходится на значения ниже среднего арифметического. Аналогичная зависимость была отмечена и для почв таёжной зоны европейского Северо-Востока [7]. Практически во всех типах тундровых почв наблюдается надмерзлотное накопление меди и никеля с минимальным его содержанием в верхних органогенных горизонтах и 2-3-кратным повышением в нижних (рис. 2). Аллювиальные почвы отличаются относительной аккумуляцией всех тяжёлых металлов и мышьяка, что обусловлено спецификой их формирования. Почвы пойменных террас – природные геохимические барьеры на пути миграции химических элементов в ландшафтах [18]. Содержание углеводородов в природных почвах Большеземельской тундры низкое.

Медь. Пределы варьирования содержания меди (Cu) в почвах Большеземельской тундры составляют 0,5–19,2 мг/кг. Полученные данные, в соответствии со шкалой экологического нормирования ТМ для геохимической ассоциации

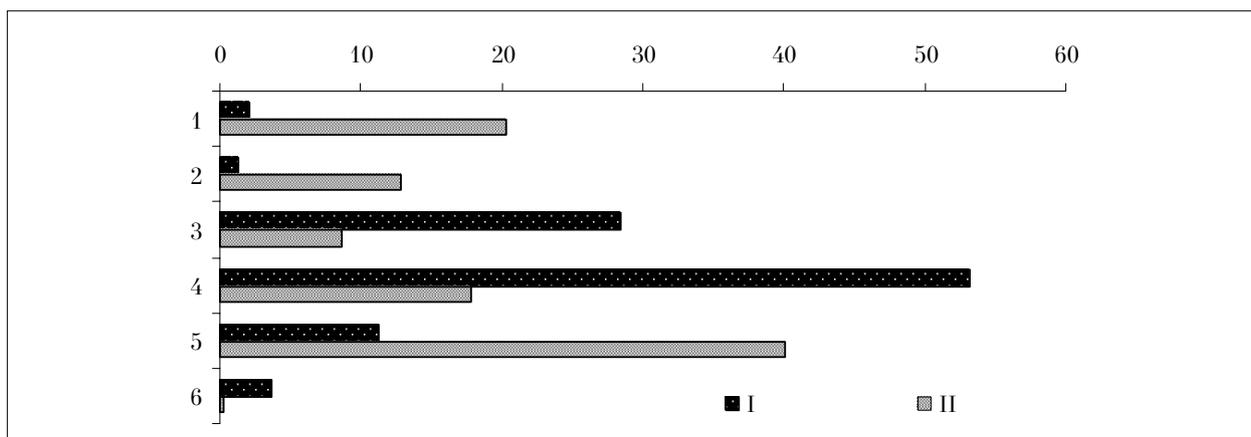


Рис. 1. Соотношение площадей почв в исследованных районах Большеземельской тундры (расчёт проведён на основании [17]).

Почвы: 1 – тундровые иллювиально-гумусовые (в том числе оподзоленные); 2 – болотно-тундровые торфянисто(торфяно)-глеевые иллювиально-гумусовые (в том числе оподзоленные); 3 – тундровые поверхностноглеевые; 4 – болотно-тундровые торфянисто(торфяно)-глеевые; 5 – тундровые остаточноторфяные мерзлотные и болотные верховые торфяные мерзлотные; 6 – аллювиальные. I – Воркутинский район Республики Коми, II – Ненецкий автономный округ.

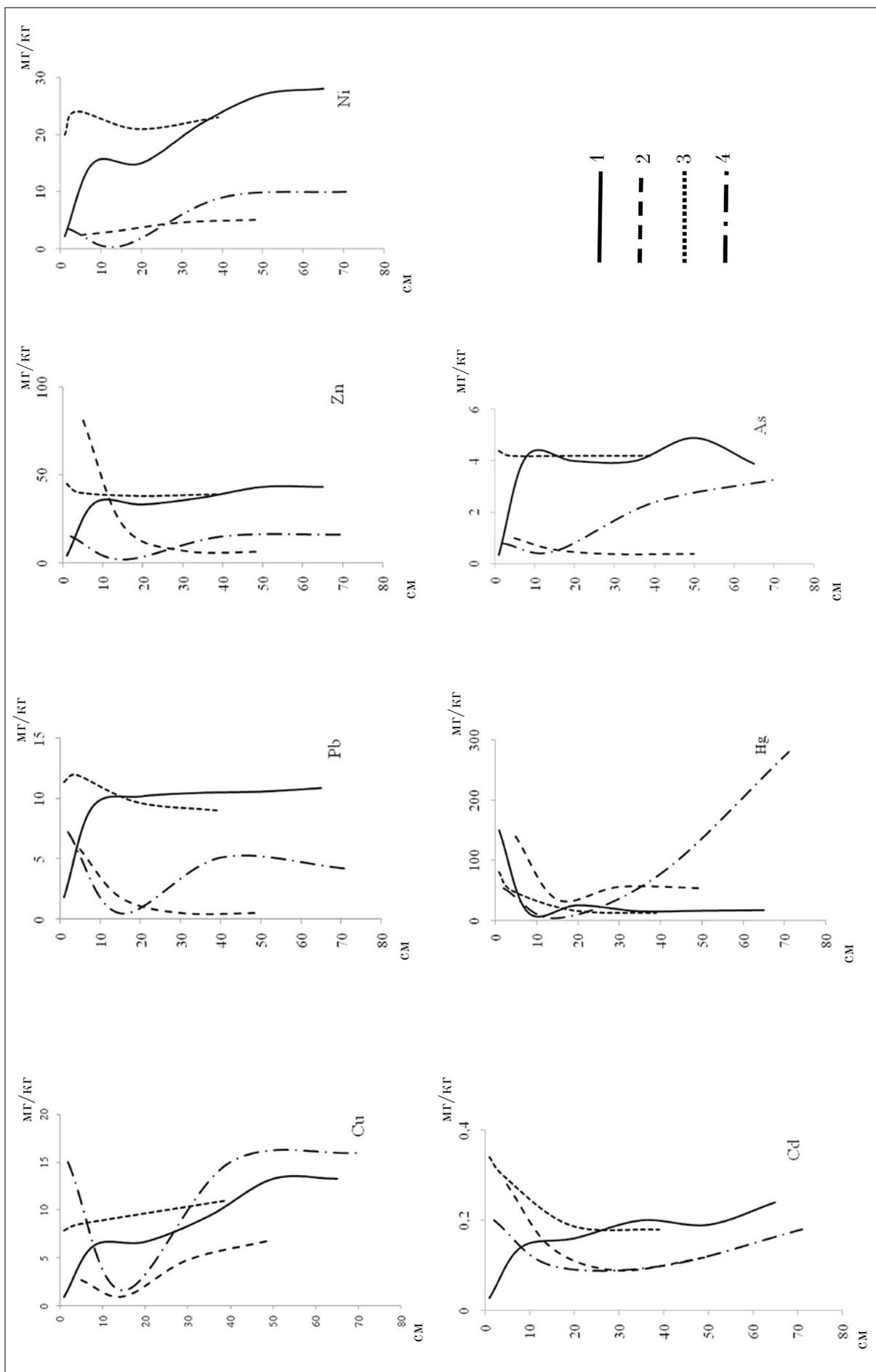


Рис. 2. Распределение тяжёлых металлов и мышьяка в почвах: 1 – тундровая поверхностно-глеевая; 2 – тундровые остаточно-горфяные; 3 – аллювиальные; 4 – тундровые иллювиально-гумусовые оподзоленные. По оси абсцисс – %, по оси ординат – глубина, см

почв со слабкокислой и кислой реакцией [19], соответствуют низкому региональному уровню фонового содержания Cu. Органогенные горизонты всех исследованных почв близки по содержанию меди. В её профиле распределении чётко прослеживается возрастание концентрации вниз по профилю и надмерзлотная аккумуляция практически во всех типах почв. Максимальным содержанием меди отличаются почвы аллювиальных ландшафтов ($7,9 \pm 1,2$ мг/кг).

Свинец. Содержание свинца (Pb) в исследованных почвах варьирует от 1,2 до 24,0 мг/кг, что соответствует низкому и среднему региональному уровню [19] и существенно меньше ОДК [20]. При этом верхние горизонты всех типов почв статистически близки по содержанию Pb (табл. 1). В почвах автоморфного ряда, в отличие от полу- и гидроморфных, наблюдается некоторое возрастание массовой доли свинца вниз по профилю.

Цинк. Для цинка (Zn) отмечен более широкий диапазон варьирования концентраций в тундровых почвах – от 2,8 до 118,0 мг/кг. Основной массив данных характеризуется низким и средним уровнем содержания цинка (до 70 мг/кг), однако в единичных образцах его концентрация может достигать 100–118 мг/кг, что соответствует повышенному уровню. В почвах суглинистого гранулометрического состава, как правило, наблюдается относительное накопление элемента в минеральных горизонтах, в торфяных почвах – аккумуляция в верхних органогенных горизонтах (рис. 2). Для почв, сформированных на песчаных почвообразующих породах, характерен элювиально-иллювиальный тип профилевого распределения Zn. В аллювиальных почвах распределение Zn по профилю практически не дифференцировано.

Никель. Содержание никеля (Ni) в почвах Большеземельской тундры соответствует преимущественно низкому уровню со средними величинами $8,3 \pm 5,2$ мг/кг. Распределение Ni в тундровых почвах аналогично поведению меди и тесно коррелирует с её распределением в профилях исследованных почв (коэффициент корреляции $r = 0,86$). Для почв водоразделов характерно низкое содержание элемента в верхних органогенных горизонтах с увеличением его концентрации вниз по профилю. Наиболее ярко такой тип распределения проявляется в автоморфных почвах, развитых на суглинистых отложениях (рис. 2). Для дерновых горизонтов аллювиальных почв отмечены наиболее высокие значения концентрации никеля – $18,3 \pm 4,0$ мг/кг, их минеральные горизонты характеризуются величинами близкими к среднему содержанию никеля в почвах плакоров – $9,2 \pm 4,0$ мг/кг.

Кадмий. Содержание кадмия (Cd) в тундровых почвах варьирует от 0,03 до 0,76 мг/кг, в среднем составляя $0,21 \pm 0,03$ мг/кг. Относительно повышенной концентрацией Cd отличаются органогенные горизонты аллювиальных и полугидроморфных тундровых почв. Профильное распределение данного элемента в почвах Большеземельской тундры тесно коррелирует с поведением в них мышьяка и свинца (коэффициенты корреляции соответственно 0,92 и 0,83).

Ртуть. Концентрация ртути (Hg) в тундровых почвах определяется величинами от 8 до 270 мкг/кг, что значительно меньше ОДК (табл. 1). Максимальным содержанием отличаются оторфованные горизонты тундровых поверхностно-глеевых (168 ± 11 мкг/кг) и торфянисто-(торфяно)-глеевых (118 ± 14 мкг/кг) почв тяжёлого гранулометрического состава. Торфяные горизонты болотных и дерновые горизонты аллювиальных почв, равно как и почвы, развитые на песчаных отложениях, по содержанию ртути в среднем соответствуют низкому уровню фонового содержания данного элемента в почвах со слабкокислой и кислой реакцией. Для большинства органогенных горизонтов исследуемых почв наблюдается превышение медианального значения над средним, что свидетельствует об особом характере аккумуляции элемента. В почвах легкого гранулометрического состава отмечено увеличение содержания элемента с глубиной, в остальных типах тундровых почв – её биогенное накопление в органогенных горизонтах (рис. 2).

Мышьяк. Фоновое содержание мышьяка (As) варьирует от 0,2 до 25,3 мг/кг. Для большинства исследованных полугидроморфных и гидроморфных тундровых почв выявлено превышение ОДК по содержанию As в органогенных (торфянистых) горизонтах. Для основной части почв выборки отмечено преимущественное накопление мышьяка в минеральной части профиля. Исключением являются аллювиальные почвы, для которых установлено относительно равномерное распределение As по профилю. По всей видимости, высокое содержание данного элемента в почвах Большеземельской тундры связано с региональными особенностями почвообразующих пород.

Углеводороды. Концентрация углеводородов в проанализированном массиве проб варьирует от 3 до 140 мг/кг. Это один из наиболее вариативных показателей (коэффициенты вариации для органогенных горизонтов представлены величинами 66–98%). Наиболее высоким содержанием углеводородов характеризуются торфяные горизонты болотных верховых, тундровых

Таблица 1
Фоновое содержание ($\bar{X} \pm S$)* тяжёлых металлов, мышьяка и углеводородов в верхних горизонтах почв Большеземельской тундры (числитель), значения медиан – $X_{0,5}$ (знаменатель)

Тип почвы	п***	мг/кг										УВ***, мг/кг
		As	Pb	Zn	Cu	Ni	Cd	Hg, мкг/кг				
Тундровые иллювиально-гумусовые (в том числе оподзоленные)	A0	2,1±0,8 1,7	10,5±0,8 10,8	35±13 23,2	5,4±0,8 5,5	8,6±1,9 6,1	0,12±0,04 0,082	20±4 24	24±9 20			
	Bh	2,0±0,4 2,0	9,6±0,6 9,8	19,3±4,0 14,6	5,8±0,9 6,6	9,4±3,0 6,9	0,05±0,01 0,046	11±6 13	19±6 10			
Болотно-тундровые торфянисто(торфяно)-глеевые иллювиально-гумусовые (в том числе оподзоленные)	A0	1,5±0,3 1,3	7,9±1,1 7,7	26,8±7,0 19,5	6,2±0,7 6,3	7,64±1,3 7,2	0,23±0,04 0,187	72±12 77	38±11 27			
	A0	1,33±0,23 0,6	6,9±0,7 6,2	17,6±2,4 15	3,5±0,6 2,2	5,3±0,8 3,3	0,19±0,02 0,160	168±11 190	17±7 27			
Тундровые поверхностно-глеевые	Bgh	3,42±0,16 3,3	7,1±0,3 6,7	22,9±1,2 22,5	5,2±0,5 4,3	10,6±0,7 10	0,11±0,1 0,09	21,4±1,3 18,5	10±7 8			
	A0	1,40±0,28 1,0	8,0±1,3 7,0	20±4 14,3	4,1±0,7 3,7	5,4±1,1 4,2	0,19±0,04 0,11	118±14 140	20±3 38			
Болотно-тундровые торфянисто(торфяно)-глеевые	Bgh	3,05±0,29 3,2	7,5±0,3 7,0	23,3±1,9 22,0	6,0±0,5 5,7	15,5±2,5 14,0	0,12±0,01 0,11	24±3 21	11,2±0,8 4			
	T1	4,9±0,8 3,6	6,3±0,8 5,5	27±4 19,2	6,9±0,7 5,5	7,8±1,0 6,1	0,12±0,02 0,14	57±8 41	30±5 27			
Тундровые остаточные мерзлотные и болотные торфяные мерзлотные	Ад	5,8±1,2 4,1	9,3±0,6 9,4	35±5 34,0	7,9±1,2 7,1	18,3±4,0 14,5	0,23±0,05 0,26	42±5 46	12±4 29			
	ОДК***	2,0/5,0	32/65	55/110	33/66	20/40	0,5/1,0	2100	–			

Примечание: * \bar{X} – среднее арифметическое, S – стандартное отклонение среднего арифметического; ** n – объём выборки; *** УВ – углеводороды; **** в числителе – ОДК для песчаных (суфесчаных), в знаменателе – для суглинистых (глинистых) почв, рН<5,5 (согласно ГН 2.1.7.2042-06 [20]).

остаточно-торфяных почв и болотно-тундровых торфянисто (торфяно)-глеевых иллювиально-гумусовых. Следует отметить, что содержание углеводов в почвах Большеземельской тундры несколько выше по сравнению с таёжными почвами южных районов Республики Коми [9].

Заключение

Таким образом, в результате проведённых исследований установлен региональный уровень фонового содержания тяжёлых металлов, мышьяка и углеводов в верхних генетических горизонтах почв Большеземельской тундры. Показано, что содержание ртути, свинца, меди, никеля, цинка и кадмия в почвах фоновых ландшафтов значительно меньше установленных ориентировочно-допустимых концентраций. Отмечено в ряде случаев превышение ОДК по содержанию мышьяка. Полученные данные могут быть использованы при проведении экологического мониторинга и работ по оценке антропогенного воздействия на компоненты природной среды Большеземельской тундры.

Литература

1. Крючков В.В. Чуткая субарктика. М.: Наука, 1976. 136 с.
2. Васильевская В.Д., Григорьев В.Я., Погожева Е.А. Взаимосвязи характеристик почвенно-растительного покрова тундр как основа показателей его устойчивости, деградации и восстановления // Почвоведение. 2006. № 3. С. 352–362.
3. Вечная мерзлота и освоение нефтегазоносных районов / Под ред. Е.С. Мельникова, С.Е. Гречищева. М.: ГЕОС, 2002. 402 с.
4. Русанова Г.В., Денева С.В. Содержание нефтепродуктов и тяжёлых металлов в почвах территорий буровых скважин (бассейн р. Ортина, Большеземельская тундра) // Природные ресурсы северных территорий: проблемы оценки, использования и воспроизводства: Матер. Всерос. конф. Архангельск. 2002. С. 238–241.
5. Безносиков В.А., Кондратенко Б.М., Лодыгин Е.Д. Экологическая оценка почв в районе эксплуатации нефтяных месторождений в условиях Севера // Сохраним планету Земля. СПб. 2004. С. 144–147.
6. Габайдуллин М.Г., Калашников А.В., Макаровский Н.А. Оценка и прогнозирование экологического состояния геологической среды при освоении севера Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. Архангельск: АГТУ, 2008. 270 с.
7. Безносиков В.А., Лодыгин Е.Д., Кондратенко Б.М. Оценка фонового содержания тяжелых металлов в почвах европейского северо-востока России // Почвоведение. 2007. № 9. С. 1064–1070.

8. Атлас почв Республики Коми. Сыктывкар. 2010. 350 с.
9. Об установлении нормативов фонового содержания химических элементов и углеводов в почвах республики Коми. Приказ Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми № 529 от 25.11.2009 г.
10. Добровольский Г.В., Урусевская И.С. География почв. М.: МГУ, 2004. 460 с.
11. Государственная почвенная карта СССР (м-б 1:1000000). Объяснительная записка к листу Q-40 (Печора). М., 1987. 51 с.
12. ГОСТ 17.4.3.01-83 «Охрана природы. Почва. Общие требования к отбору проб».
13. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. М.: Агропромиздат, 1986. 416 с.
14. ГОСТ 26483–85–ГОСТ 26490–85. Почвы. Определение рН солевой вытяжки, обменной кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО. М.: Изд-во стандартов, 1994. 48 с.
15. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98. М. 1998.
16. ПНД Ф 16.1:2.21-98. Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерения массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости «Флюорат-02». 2007. М. 2007. 24 с.
17. Государственная почвенная карта России (м-б 1:1000000). Объяснительная записка к листу Q-41 (Воркута). Сыктывкар. 2010. 82 с.
18. Добровольский Г.В. Генезис, эволюция и охрана почвенного покрова пойм Нечерноземной зоны РСФСР // Научные основы оптимизации и воспроизводства плодородия аллювиальных почв Нечерноземной зоны РСФСР: Научн. тр. Почвенного ин-та им. В.В. Докучаева. М. 1991. С. 3–14.
19. Садовникова Л.К., Орлов Д.С., Лозановская И.Н. Экология и охрана окружающей среды при химическом загрязнении. М.: Высшая школа, 2006. 334 с.
20. ГН 2.1.7.2041-06 ГН 2.1.7.2042-06 Предельно-допустимые концентрации (ПДК) и ориентировочно-допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2006. 15 с.

Работа выполнена при финансовой поддержке программы ОБН РАН «Почвенно-функциональные ресурсы биосферы европейского Северо-Востока и биолитогенные экотоны – фундаментальная основа охраны и мониторинга почвенно-земельного фонда».