

НАТАЛИЯ ГЛЕБОВНА ФЕДОРЕЦ

доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры агрономии, землеустройства и кадастров агротехнического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
fedorets@krc.karelia.ru

АНТОН НИКОЛАЕВИЧ СОЛОДОВНИКОВ

ведущий почвовед лаборатории лесного почвоведения и микробиологии, Институт леса Карельского научного центра Российской академии наук (Петрозаводск, Российская Федерация)
solod@krc.karelia.ru

ВЛИЯНИЕ КОСТОМУКШСКОГО ГОРНО-ДОБЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА НА ПОЧВЫ ПРИЛЕГАЮЩИХ ТЕРРИТОРИЙ

Проведено исследование воздействия Костомукшского промышленного комплекса (ОАО «Карельский окатыш») на свойства почв в радиусе 10 км. Цель работы – получение количественных характеристик почвы для оценки ее состояния в условиях комплексного загрязнения серой и тяжелыми металлами. Полученные данные сравнили с почвенными характеристиками фоновой территории полигона интегрированного мониторинга «Камалаhti» в заповеднике «Костомукшский». Были зарегистрированы снижение почвенной кислотности и накопление серы, тяжелых металлов и железа по сравнению с почвами фоновых территорий. Основными источниками загрязнения являются карьер по добыче железной руды, центральная фабрика окомкования и отстойник промышленных вод. К приоритетным загрязнителям территории отнесены сера, железо, хром, никель, свинец, кобальт и марганец. Вокруг комбината сформировались зоны опасного и умеренного загрязнения, первая в радиусе 1–2 км, вторая – до 7–8 км вокруг комбината.

Ключевые слова: Костомукшское железорудное месторождение, почвы, вырубки, почвенная кислотность, сера, тяжелые металлы, железо, уровень загрязнения

ВВЕДЕНИЕ

Охрана окружающей среды от загрязнения является насущной задачей общества, прежде всего в странах с высокоразвитой индустрией. Среди основных загрязнителей почвы тяжелые металлы выделяются своей токсичностью. Они переносятся в атмосфере на большие расстояния от источников выбросов и при осаждении оказывают негативное воздействие на окружающую среду. Сера, не являясь тяжелым металлом, при повышенных концентрациях в составе аэротехногенных поллютантов может оказывать отрицательное воздействие на природные объекты, подкисляя почвы. В последние годы наметилась тенденция прогрессирующего загрязнения почвенного покрова прилегающей к Костомукшскому горно-обогатительному комбинату (ОАО «Карельский окатыш») территории [11]. Поэтому систематические наблюдения за состоянием окружающей среды, в том числе почвенного покрова, в районе воздействия техногенных выбросов комбината являются важной задачей. Исследования проводились в рамках хозяйственного договора «Мониторинг геологической среды на Костомукшском железорудном месторождении» с ОАО «Карельский окатыш».

Целью работы являлась оценка состояния почвы в районе Костомукшского промышленного

узла в условиях комплексного загрязнения серой и тяжелыми металлами. Задачей – получение количественных характеристик состояния почвы путем литогеохимического опробования территории, включающей карьер по добыче руды, фабрику окомкования, отстойник промышленных вод и другие технологические структуры в радиусе 10 км.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Основными источниками загрязнения обследованной территории являются: горно-обогатительный комбинат, хвостохранилище, карьер, отвалы пустой породы, котельные и другие объекты Костомукшского промышленного узла, однако степень их воздействия на состояние почв не была определена. Программой выполнения научно-исследовательских работ были предусмотрены: сбор данных и анализ полученной информации в сопоставлении с литературными источниками и действующими нормативными материалами. Образцы почв отбирались в радиусе 10 км от отстойника обогатительной фабрики на различных категориях землепользования – это техногенные земли в районе промышленных объектов, почвы в лесных массивах, на вырубках, в районе дамбы обвалования, непосредственно возле отстойника, в районе

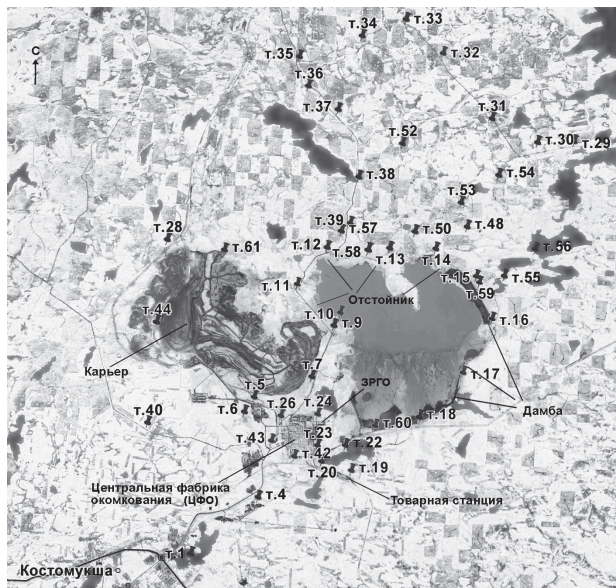


Схема расположения точек отбора почвенных проб в районе Костомукшского промузла

карьера по добыче железной руды и отвалов пустой породы. На рисунке показано расположение точек отбора проб.

В табл. 1 приводятся местонахождение точек отбора, названия почв, индексы генетических почвенных горизонтов, из которых отбирали пробы. Почвы различаются между собой по уровню увлажнения: подзолистые автоморфные, болотно-подзолистые полугидроморфные и торфяные гидроморфные. В сосновых, еловых и сосново-еловых лесах преобладают подзолы иллювиально-железистые песчаные, реже супесчаные, в условиях временного избыточного увлажнения распространены торфянистые подзолы иллювиально-гумусовые. Из гидроморфных почв широко представлены торфяные верхового и переходного типов. На вырубках почвы нарушены, особенно лесная подстилка, которая или уничтожена, или перемешана с минеральной частью почвы. Техногенные земли в районе дамбы, отстойника, фабрики окомкования и т. д. не имеют строения, присущего естественным почвам, генетические горизонты не выражены, а представляют собой слои, отличающиеся по цвету и плотности сложения.

В почвенных образцах по общепринятым методам [1], [2] определяли величину pH солевой вытяжки и валовое содержание серы, являющейся основным загрязнителем территории в районе Костомукшского горно-обогатительного комбината. Методом атомно-абсорбционной спектrophотометрии определили валовое содержание тяжелых металлов: марганца, кобальта, свинца, никеля, хрома, а также железа [12].

Оценка полученных результатов проводилась по нормативным документам [5], [6], [7], а также по литературным источникам [9].

Уровень подкисления почв и накопления серы установили путем сравнения данных почвенных показателей на полигоне Интегрированного мониторинга «Камалахти», расположенного на территории заповедника «Костомукшский» и считающегося условно чистой территорией, то есть фоном [3].

Основным критерием гигиенической оценки загрязнения почв химическими веществами, в том числе тяжелыми металлами, является предельно допустимая концентрация (ПДК) или ориентировочно допустимая концентрация (ОДК) их в почве. Оценка степени опасности загрязнения почвы химическими веществами проводится по каждому веществу, что может быть выражено коэффициентом $K_0 = C/ПДК$, где C – фактическая концентрация элемента в почве.

Также для оценки уровня загрязнения почвы использовались следующие показатели: коэффициент концентрации химического вещества (K_c), который определяется отношением его реального содержания в почве (C) к фоновому (C_f): $K_c = C/C_f$, и суммарный показатель загрязнения Z_c , рассчитываемый по формуле: $Z_c = \sum K_c - (n - 1)$, где n – количество загрязнителей. Оценка опасности загрязнения по приведенным коэффициентам проводится по разработанным оценочным шкалам [8].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние техногенного воздействия на почвенную кислотность. Исследованиями, проведенными до начала функционирования комбината, а также на полигоне «Камалахти» [3], установлено, что показатели pH верхних горизонтов подзолистых и торфяных почв находятся в пределах от 2,9 до 3,2. В большинстве точек исследования величина pH почв характерна для почв северной подзоны тайги Карелии, в которой и находится территория предприятия. Однако в районе ЦФО, товарной станции Костомукша, ЗРГО, а также на вырубках отмечено снижение почвенной кислотности до показателя pH от 4,0 до 5,5. В отдельных точках на территории дамбы обвалования пульпохранилища, карьера и отстойника отмечены показатели pH свыше 5,5. Особенно это касается грунтов дамбы, щелочность которых с глубиной повышается до pH 7–8 (точка 59). В целом следует отметить, что подщелачивание касается лесных подстилок и практически не затрагивает нижележащие почвенные горизонты. Выявленное подщелачивание лесных подстилок связано, вероятно, с выбросами щелочных и щелочно-земельных металлов как аэротехногенным путем [4], так и с пульпой пульпохранилища. Как известно, величина pH свыше 5,5 отрицательно отражается на росте и развитии древесных растений [4], [9].

Таблица 1

Характеристика местоположений точек отбора почвенных образцов

№	Месторасположение	Лес	Почва	Горизонты
1	Берег озера Подкова	С	подзол	A0, A2, Bf
4	Территория конторы лесхоза	Е+С	нарушен- ная	A0T, T1B, B2
5	Автоцех	С+Е	подзол	A0, A2, Bf
6	Центральный склад продукции	С+Е	подзол	A0, A2, Bf
7	2,5 км на сев. от ГОКа	В	подзол	A0, A2, Bf
9	3,5 км на сев. от ГОКа	Е	подзол	A0, A2, Bf
10	Дорога на водокачку	О+Б	нарушен- ная	Сл.1,Сл.2
11	Отстойник		торфяная	T1, T2
12	Отстойник	В	подзол	A0, A2, Bf
13	Отстойник	В	подзол	A0, A2, Bf
14	Отстойник	Е+С	подзол	A0, A2, Bf
15	Отстойник	О+Б	подзол	A0, A2, Bf
16	Дамба	О+Б	нарушен- ная	Сл. 1, Сл. 2, Сл. 3
17	Дамба	О+Б	подзол	A0, A2, Bf
18	Дамба	О+Б	насыпной грунт	Сл. 1, Сл. 2, Сл. 3
19	Товарная станция	М/л	торфяная	T1, T2
20	Юго-вост. от комби- ната	Е	подзол	A0, A2, Bf
21	Котельная	М/л	подзол	A0, A2, Bf
22	Электроподстанция	С	подзол	A0, A2, Bf
23	Котельная	М/л	торфяно- глеевая	A0T, B1g, B2g
24	ЗРГО, Болото		торфяная	A0T, T1, T2
25	Дорога на Вокнаволоок	М/л	подзол	A0, A2, Bf
26	ЦФО	Е	подзол	A0, A2, Bf
28	Западный отвал	Е	подзол	A0, A2, Bhf
29	Дорога на пос. Бо- ровой	С	подзол	A0, A2, Bf
30	Дорога на пос. Бо- ровой	С	подзол	A0, A2, Bf
31	Дорога на пос. Бо- ровой	С	подзол	A0, A2, Bf
32	Дорога на пос. Бо- ровой	В	нарушен- ная	Сл. 1, Сл. 2, Сл. 3
33	Дорога на пос. Боро- вой, болото		торфяная	A0T, T1, T2
34	Дорога на пос. Бо- ровой	Е	подзол	A0, A2, Bf
35	Дорога на Вокнаволоок	С+Е	подзол	A0, A2, Bf
36	Дорога на Вокнаволоок	В	подзол	A0, A2, Bf
37	Дорога на Вокнаволоок	Е	подзол	A0, A2, Bf
38	Берег оз. Кореанги	С+Е	подзол	A0, A2, Bf
39	Дорога на Вокнаволоок	С+Е	подзол	A0, A2, Bf
40	Сев.-зап. автомаги- страль	С	подзол	A0, A2, Bf
42	ЦФО	М/л	подзол	A0, A2, Bf
43	Зап. от ГОКа. Пере- кресток	М/л	нарушен- ная	Сл. 1, Сл. 2, Сл. 3
44	Карьер	Б	подзол	A0, A1A2, A2
45	Склад в. в.	С+Е	подзол	A0, A1A2, A2
48	10 км сев.-вост. от ГОКа	В	подзол	A0, A2, Bf
50	Лес у дамбы	С	подзол	A0, A2, Bf
52	11,5 км сев. от ГОКа	В	торфя- нистый подзол	A0, A2g, Bh
53	10,5 км сев.-вост. от ГОКа	В	подзол	A0, A2, Bf
54	11 км сев.-вост. от ГОКа	С	торфяная	A0T, T1, T2
55	Берег оз. Окуневое	С	подзол	A0, A2, Bf
56	Берег оз. Попаляярви	С	торфяно- глеевая	A0T, T1, G
57	Дорога на Вокнаволоок	В	подзол	A0, A2, Bf
58	7 км сев.-вост. от ГОКа	С+Е	подзол	A0, A2, Bf
59	Дамба	М/л	насыпная	Сл. 1, Сл. 2, Сл. 3
60	Район дамбы	М/л	нарушен- ная	A0, A2Bf, A2B2
61	Восточный отвал	М/л	торфяная	A0T, T1, T2

Примечание. Сл. – слой; С – сосна; Е – ель; О – осина; Б – береза; В – вырубка; М/л – мелколесье; ГОК – горно-обогажительный комбинат; ЦФО – центральная фабрика окомкования; ЗРГО – завод по ремонту горного и обогажительного оборудования; склад в. в. – склад взрывчатых веществ.

Накопление серы в почвах. Проведенные нами исследования показали значительное накопление серы в лесных подстилках, практически во всех точках, превышающее фоновые показатели (табл. 2). Наименее загрязненными являются почвы, удаленные от комбината на расстояние более 7–8 км. Чем ближе к фабрике окомкования, тем накопление серы в подстилках выше. Наиболее загрязненными оказались лесные подстилки в точках, расположенных к юго-востоку от фабрики (табл. 2), где концентрация серы в почвах превышала фон в 2–9 раз.

Тяжелые металлы и железо. Основным источником металлов, поступающих в атмосферу и на поверхность почвы, является техногенная пыль. Попадая в атмосферу с пылью, тяжелые металлы рассеиваются вокруг источника. В районе комбината образовалась зона техногенного запыления и загрязнения тяжелыми металлами в радиусе 5–9 км [10], [11]. Определение содержания тяжелых металлов в почвах в радиусе 10 км позволило выявить особенности накопления различных металлов, их локализацию на обследованной территории,

Таблица 2

Коэффициенты концентрирования (Кс) тяжелых металлов, железа и серы в органогенных горизонтах почв в районе Костомукшского железорудного месторождения (радиус 10 км)

№ точки	Pb	Cr	Co	Ni	Fe	Mn	S
1	1,3	4,5	3,7	3,1	8,6	0,9	2,6
4	1,1	0,7	0,7	2,0	2,9	0,2	2,8
5	0,8	6,0	6,7	5,6	26,4	1,3	2,5
6	1,4	2,9	2,7	3,3	10,6	0,9	2,8
7	1,0	3,9	1,6	4,0	28,2	0,1	2,6
9	0,8	4,4	1,6	5,0	19,6	1,9	2,7
11	0,6	6,0	2,5	4,6	16,8	6,5	2,9
12	1,6	5,0	5,1	4,2	14,7	1,3	2,1
13	1,1	2,8	1,8	2,4	10,2	1,4	2,5
14	0,6	3,8	3,2	3,0	11,4	1,5	2,3
15	0,8	5,5	4,6	3,8	35,7	2,2	1,9
17	1,0	4,8	3,0	3,3	14,8	1,5	1,5
18	0,6	5,0	4,2	5,8	15,7	1,6	2,2
19	0,4	1,4	0,7	1,1	4,5	0,4	9,1
20	0,4	1,9	1,6	3,0	14,8	0,6	4,1
21	1,3	6,3	5,3	5,1	28,7	2,0	5,9
22	1,5	2,5	2,2	4,0	19,1	0,8	2,8
23	1,3	6,7	3,8	17,1	54,0	1,4	6,8
24	0,5	3,3	2,8	3,5	39,4	0,5	6,1
25	1,4	5,6	3,2	6,1	59,1	3,2	6,4
26	1,1	7,5	6,3	7,8	27,2	2,4	8,0
28	0,9	3,0	3,1	2,9	4,8	0,4	2,0
29	1,2	2,5	1,9	1,2	4,1	0,4	3,5
30	0,8	0,7	0,4	0,5	2,9	0,1	4,0

№ точки	Pb	Cr	Co	Ni	Fe	Mn	S
31	0,4	0,4	0,3	0,3	1,8	0,1	2,8
33	0,5	0,3	0,4	0,6	1,3	0,1	3,3
34	0,6	0,5	0,3	0,5	3,0	0,1	2,0
35	1,1	2,5	1,9	1,7	3,9	0,8	2,7
36	1,0	6,3	2,5	1,7	3,6	0,9	2,2
37	0,7	1,0	1,2	1,4	3,2	2,2	2,3
38	0,8	2,4	1,7	2,6	6,8	0,7	2,7
39	1,5	2,8	2,5	2,4	8,6	0,9	3,4
40	1,5	3,2	3,2	2,7	1,8	1,0	1,6
42	0,8	9,1	4,6	5,1	50,5	1,4	2,0
43	0,8	11,8	9,2	8,8	21,9	1,3	4,2
44	0,4	6,4	4,6	8,2	18,8	4,3	3,5
45	1,3	2,8	2,6	2,9	12,4	0,3	2,6
48	1,2	0,8	0,7	1,6	3,7	0,2	2,1
50	0,8	0,9	0,9	1,8	6,2	1,3	2,8
52	1,1	1,3	1,2	1,5	3,3	1,0	2,8
53	1,0	0,8	0,9	1,5	4,1	1,5	3,0
54	0,7	0,9	0,8	1,1	5,6	0,4	1,8
55	1,7	1,9	1,4	2,3	13,6	1,0	1,6
56	0,4	0,6	0,5	0,4	2,6	0,1	2,4
57	1,3	1,3	1,5	1,4	2,8	0,8	1,7
58	1,5	1,0	1,7	1,4	4,5	0,9	1,5
60	0,4	4,1	4,6	5,7	21,0	3,5	4,1
61	0,6	1,7	1,7	2,3	6,6	0,5	1,4

величину накопления, миграцию в глубь почвы, а также оценить уровень загрязнения почв комплексом загрязнителей. В табл. 3 показано среднее содержание тяжелых металлов и железа в почвах обследованной территории и колебание их концентраций.

Содержание свинца в почвах в радиусе 10 км вокруг Костомукшского месторождения невелико и составляет в органогенных горизонтах 1,75–46, среднее значение для обследованной территории – 23,8 мг/кг, то есть находится на уровне средних показателей для Карелии [10]. В минеральных горизонтах почв количество его колеблется от 7 до 45 (среднее – 21,8 мг/кг) (см. табл. 3). В почвах вокруг большинства объектов комбината отмечено его повышенное накопление, до 1,4 ПДК. Превышение фоновых показателей для Карелии выявлено в почвах ЦФО, отстойника, а также основных дорог и магистралей преимущественно в северо-восточном направлении от ГОКа. Наглядное представление о накоплении металлов в лесных подстилках дает коэффициент Кс, приведенный в табл. 2. Следует отметить, что повышенное содержание

свинца выявлено не только в лесных подстилках, которые служат геохимическим барьером на пути проникновения загрязнителей в более глубокие слои почвы, но и в минеральных горизонтах. Однако это наблюдается только в тех случаях, когда почвы нарушены и подстилка либо перемешана с нижележащими горизонтами, либо вовсе отсутствует.

Количество хрома в органогенных горизонтах исследованных почв колеблется от 2,3 до 118 (среднее – 29,2), в минеральных – от 10 до 230 мг/кг (среднее – 60,5). В большинстве точек вокруг комбината выявлено превышение концентрации хрома над фоновыми показателями для лесных подстилок, составляющее 25–600%. Несмотря на это, только на перекрестке дорог в 500 м на запад от ГОКа (точка 43) концентрация хрома в верхнем слое слегка превышает ПДК ($K_0 = 1,2$), то есть соответствует начальной стадии загрязнения.

Содержание кобальта в органогенных горизонтах почв на обследованной территории варьирует от 0,6 до 46,6, а в минеральных горизонтах от 8,0 до 100. Среднее содержание

Таблица 3

Средние показатели и пределы колебаний содержания тяжелых металлов в почвах (радиус 10 км) в районе Костомукшского железорудного месторождения, мг/кг

Элементы	Органогенные горизонты			Минеральные горизонты		
	Max	Min	Middle	Max	Min	Middle
Pb	45,9	1,7	23,8	45	7	21,8
Cr	118	2,3	29,2	230	10	60,5
Co	46,6	0,6	5,4	100	8,0	12,7
Ni	123,1	2,1	20,7	120	10	35,6
Fe	131 599	27 438	30 401	126 400	4300	27 738
Mn	2653	11,5	413	780	120	367,2

в лесных подстилках и торфяных горизонтах составляет 5,4, в минеральных – 12,7 мг/кг. Несмотря на достаточно низкие показатели содержания кобальта в нативных почвах изучаемого района, в органогенных горизонтах почв в радиусе 10 км от источников загрязнения отмечена значительная концентрация кобальта в отдельных случаях до 500–600 % по отношению к региональным фоновым показателям. Однако, несмотря на превышение над фоновыми показателями, концентрация кобальта в почвах не превышает ПДК.

В изучаемых почвах содержание никеля значительно выше, чем в среднем по Карелии, и колеблется в органогенных горизонтах от 2,1 до 123,1, среднее значение составляет 20,7 мг/кг. В минеральных горизонтах колебания составляют 10–120, среднее значение – 35,6 мг/кг. Превышение концентрации никеля над фоном в отдельных случаях близко к 800 %. Это перекрестки дорог на запад от ЦФО (точки 26, 43) и возле карьера (точка 44). В этих точках количество никеля превышает ПДК, что является начальной стадией загрязнения, причем в точке 23 составляет 2 ПДК. В целом в исследуемом районе накопление никеля редко достигает предельно допустимых концентраций.

Содержание марганца в обследованных почвах достаточно низкое. Количество соединений марганца в органогенных горизонтах почв колеблется от 11,5 до 2653, среднее значение – 413 мг/кг. Содержание данного элемента в минеральных горизонтах варьирует от 120 до 780, среднее составляет 403,8 мг/кг. В почвах вокруг комбината выявлено превышение фоновых показателей для лесных подстилок на 100–300 %. В лесных подстилках в районе 44-й точки (карьер) превышение составляет 400 %, а в районе точки 11, расположенной недалеко от отстойника у дороги на Вокнаволоок, загрязнение подстилки марганцем составляет 600 %, что соответствует 1,2–1,8 ПДК.

Количество железа в исследуемых почвах высокое и колеблется в органогенных горизонтах в широких пределах от 2963 до 162 000, в среднем составляя 30 401 мг/кг. В минераль-

ных горизонтах – от 4300 до 126 400, средний показатель – 27 738 мг/кг. Превышение фоновых показателей отмечено практически на всей обследованной территории и составляет в лесных подстилках или верхних почвенных горизонтах на отдельных точках 39–59 раз. Это точки 23, 24, 25, расположенные к северо-востоку от главной фабрики окомкования, возле котельной и ЗРГО. В остальных местах содержание железа в подстилках выше, чем в среднем по Карелии, от 1,5 до 30 раз. Наименее загрязненными железом являются почвы в точках 31 и 32, находящиеся на значительном удалении от комбината и карьера (7–8 км).

Оценку показателя Zc проводили по ориентировочной оценочной шкале загрязнения почв [5], в которой выделены следующие категории загрязнения: допустимая (Zc менее 16), умеренно опасная (16–32), опасная (32–128), чрезвычайно опасная (более 128). К категории загрязнения, классифицируемой как «умеренно опасная», относятся районы обследования возле следующих объектов: склад готовой продукции (1 км на запад от ЦФО), отстойник, дамба обвалования пульпохранилища, склад взрывчатых веществ. Опасный уровень загрязнения почв выявлен в основном возле ЦФО и в отдельных точках, возле дамбы и отстойника (табл. 4).

Исследования почв в районе железорудного месторождения выявили, что основными аэротехногенными загрязнителями являются железо, хром, никель, свинец и кобальт. Интенсивное воздействие аэрополлютантов прослеживается примерно в зоне 1,5 км, умеренное загрязнение – в радиусе 5 км. По мере удаления от источника техногенных выбросов их воздействие на почвы ослабевает.

Опасное загрязнение почв выявлено в районе центральной фабрики окомкования, умеренное – на расстоянии до 1 км от карьера. Основными загрязнителями являются железо, марганец и никель.

Побережье отстойника промышленных вод характеризуется как опасно или умеренно загрязненное, приоритетные загрязнители – это железо, марганец, свинец, хром и кобальт.

Таблица 4

Суммарный показатель загрязнения органогенных горизонтов почв в районе Костомукшского железорудного месторождения (радиус 10 км)

№ точки	Горизонт	Zc	№ точки	Горизонт	Zc	№ точки	Горизонт	Zc	№ точки	Горизонт	Zc
1	A0	17	18	A0	28	31	A0	0	45	A0	17
4	A0	2,5	19	A0T	3,5	33	A0T	0	48	A0	3
5	A0	42	20	A0	17	34	A0	0	50	A0	7
6	A0	17	21	A0	43	35	A0	7	52	A0	4,5
7	A0	34	22	A0	25	36	A0	11	53	A0	5
9	A0	28	23	A0T	79	37	A0	5	54	A0T	4,5
11	T1	53,	24	A0T	45	38	A0	10	55	A0	17
12	A0	27	25	A0	73,5	39	A0	14	56	A0T	0
13	A0	15	26	A0	47	40	A0	8	57	A0	4
14	A0	18	28	A0T	10	42	A0	66,5	58	A0	6
15	A0	48	29	A0	6	43	A0	49	60	A0	34
17	A0	23	30	A0	0,2	44	A0	38	61	A0T	8,5

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение почвенного покрова в 10-километровой зоне вокруг Костомукшского железорудного месторождения показало, что вместо ожидаемого подкисления происходит подщелачивание почв, особенно лесных подстилок, связанное с поступлением щелочных и щелочноземельных металлов аэротехногенных выбросов комбината. В связи с антропогенными нагрузками, которые испытывает данная территория, происходит деградация морфологического строения почв. В почвах возросло общее содержание серы, которое превышает фоновые показатели в 2–9 раз.

Выявлено накопление тяжелых металлов в почвах по сравнению с фоновыми территориями. Основными загрязнителями почв являются центральная фабрика окомкования, отстойник и карьер.

Вокруг комбината сформировались зоны опасного и умеренного загрязнения, первая в радиусе 1–2 км, вторая – до 7–8 км.

В зависимости от источника меняются приоритетные загрязнители. Вокруг комбината выстраивается следующий ряд по мере снижения интенсивности накопления тяжелых металлов: железо, хром, никель, свинец, кобальт, марганец. Вокруг карьера: железо, никель, марганец, хром, кобальт, свинец. В районе отстойника промышленных вод: железо, марганец, свинец, хром, кобальт, никель.

Установлена необходимость сохранения лесных подстилок, являющихся геохимическим барьером на пути поступления аэротехногенных загрязнителей в минеральные горизонты почвы.

В связи с вышеизложенным авторы считают нежелательным проведение рубок леса на территории, которая испытывает существенные антропогенные нагрузки, связанные с деятельностью комбината.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимические методы исследования почв / Под ред. А. В. Соколова. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аринович Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1961. 491 с.
3. Интегрированный экологический мониторинг в Карелии / Под ред. В. А. Коломыцева, Г. В. Шильцовой. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1998. 115 с.
4. Лазарева И. П., Кучко А. А., Кравченко А. В., Габукова В. В., Литинский П. Ю., Поташева М. А., Калинкина Н. М. Влияние аэротехногенного загрязнения на состояние сосновых лесов северной Карелии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1992. 51 с.
5. Руководство по санитарно-химическому исследованию почв: (Нормат. материалы). М.: Гос. ком. сан.-эпидемиол. надзора России, Рос. респ. информ.-аналит. центр, 1993. 130 с.
6. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжелых металлов и мышьяка в почвах с различными физико-химическими свойствами (валовое содержание, мг/кг) (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК № 6229–91). Гигиенические нормативы. ГН 2.1.7.020-94. М., 1994.
7. Методические указания МУ 2.1.7.730-99 «Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест». М., 1999. 38 с.
8. Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами. М.: Минздрав СССР, 1987. 25 с.
9. Рэуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почвы. М.: Агропромиздат, 1986. 222 с.
10. Федорец Н. Г., Дьяконов В. В., Литинский П. Ю., Шильцова Г. В. Загрязнение лесной территории Карелии тяжелыми металлами и серой. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 1998. 47 с.
11. Федорец Н. Г. Загрязнение почвенного покрова тяжелыми металлами и серой в районе Костомукшского железорудного комплекса // Материалы VI съезда Общества почвоведов им. В. В. Докучаева, Всероссийской с международ-

- ным участием конференции «Почвы России: современное состояние, перспективы изучения и использования». Кн. 3. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2012. С. 253–254.
12. Manual for Integrated Monitoring. Environment Data Centre / National Board of Waters and the Environment. Helsinki, 1993. 114 p.

Fedorets N. G., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Solodovnikov A. N., Forest Research Institute, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

EFFECT OF KOSTOMUKSHA MINING AND ORE DRESSING COMPLEX ON SOILS IN ADJACENT AREAS

The effect caused by Kostomuksha industrial complex (Karelian Pellet JSC) on the properties of soils within the 10 km radius was studied. The aim was to obtain quantitative characteristics of the soil and to assess its quality in conditions of combined sulphur and heavy metal pollution. Soil acidity (salt extract pH) and sulphur content in the soil were determined by the techniques widely used in soil science. The amount of heavy metals was determined by atomic absorption spectrophotometry. The resultant data were compared with the soil characteristics from the reference area of the integrated monitored polygon Kamalahti in Kostomuksha Nature Reserve. We observed reduction in soil acidity, accumulation of sulphur, heavy metals, and iron when compared with the soils from the reference areas. The main pollution sources are the iron ore quarry, the pelletizing plant, and the wastewater sump. Major pollutants of the territory are sulphur, iron, chromium, nickel, lead, cobalt, and manganese. The complex is surrounded by heavy and moderate pollution zones – the former within the 1–2 km radius, and the latter within the 7–8 km radius.

Keywords: Kostomuksha industrial complex, soils, cutting area, soil acidity, sulfur, heavy metals, iron, pollution

REFERENCES

1. *Agrokhimicheskie metody issledovaniya pochv* [Agrochemical methods of soil studies] / Ed. A. V. Sokolov. Moscow, Nauka Publ., 1975. 656 p.
2. Arinushkina E. V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Manual of soil's chemical analysis]. Moscow, MGU Publ., 1961. 491 p.
3. *Integrirovannyi ekologicheskiy monitoring v Karelii* [Integrated ecological monitoring in Karelia] / Ed. V. A. Kolomytseva, G. V. Shil'tsova. Petrozavodsk, 1998. 115 p.
4. Lazareva I. P., Kuchko A. A., Kravchenko A. V., Gabukova V. V., Litinskiy P. Yu., Potasheva M. A., Kalinkina N. M. *Vliyaniye aerotekhnogennoy zagryazneniya na sostoyaniye sosnovykh lesov severnoy Karelii* [Effect of air-borne industrial pollution on condition of pine forests in northern Karelia]. Petrozavodsk, 1992. 51 p.
5. *Rukovodstvo po sanitarno-khimicheskoy issledovaniyu pochvy: (Normat. materialy)* [Manual on sanitary chemical soil surveys: (standards)]. Moscow, 1993. 130 p.
6. *Orientirovochno dopustimyye kontsentratsii (ODK) tyazhelykh metallov i mysh'yaka v pochvakh s razlichnymi fiziko-khimicheskimi svoystvami (valovoye sodержание, mg/kg) (Dopolnenie № 1 k perechnyu PDK i ODK № 6229-91). Gigenicheskie normativy. GN 2.1.7.020-94* [Approximate allowable concentrations (AAC) of heavy metals and arsenic in soils with different physical-chemical properties (gross content, mg/kg)]. Moscow, 1994.
7. *Metodicheskie ukazaniya MU 2.1.7.730-99 "Gigenicheskaya otsenka kachestva pochvy naselennykh mest"* [Procedural guidelines MU 2.1.7.730-99 Hygienic assessment of the soil quality in populated areas]. Moscow, 1999. 38 p.
8. *Metodicheskie ukazaniya po otsenke stepeni opasnosti zagryazneniya pochvy khimicheskimi veshchestvami* [Procedural guidelines on the assessment of the degree of hazard of soil chemical pollution]. Moscow, 1987. 25 p.
9. Reutse K., Kyrstya S. *Bor'ba s zagryazneniem pochvy* [Tackling soil pollution]. Moscow, 1986. 222 p.
10. Fedorets N. G., D'yakov V. V., Litinskiy P. Yu., Shil'tsova G. V. *Zagryaznenie lesnoy territorii Karelii tyazhelymi metallami i seroy* [Heavy metal and sulphur pollution of forest land in Karelia]. Petrozavodsk, 1998. 47 p.
11. Fedorets N. G. Heavy metal and sulphur pollution of the soil cover around Kostomuksha mining and ore-dressing complex [Zagryaznenie pochvennogo pokrova tyazhelymi metallami i seroy v rayone Kostomukshskogo zhelezorudnogo kompleksa]. *Materialy VI s'yezda Obshchestva pochvedovedov im V. V. Dokuchaeva, Vserossiyskoy s mezhdunarodnym uchastiem konferentsii "Pochvy Rossii: sovremennoe sostoyaniye, perspektivy izucheniya i ispol'zovaniya"* [Proceedings of the 6th Congress of the Dokuchaev Soil Science Society, national with international participation "Soils of Russia: Current State, Perspectives for Study and Use"]. Petrozavodsk, 2012. P. 253–254.
12. Manual for Integrated Monitoring. Environment Data Centre / National Board of Waters and the Environment. Helsinki, 1993. 114 p.

Поступила в редакцию 30.08.2013