

ТЕХНОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ ЛАНДШАФТОВ СЕВЕРО-ЗАПАДА КОЛЬСКОГО ПОЛУОСТРОВА *

Аннотация. Промышленное загрязнение природных ландшафтов – одна из глобальных проблем человечества. Для оценки степени воздействия промышленных предприятий на окружающую среду необходимо проводить комплексные эколого-геохимические исследования. В предлагаемой статье представлены результаты эколого-геохимического исследования природных ландшафтов северо-западного сектора Кольского Заполярья. Выявлены основные источники поступления загрязняющих веществ, в том числе ряда тяжелых металлов. Установлены эколого-геохимические последствия загрязнения изученных природных ландшафтов.

Ключевые слова: эколого-геохимическая характеристика, техногенное загрязнение, тяжелые металлы, почва, растительность, ландшафты.

Введение

Комплексная эколого-геохимическая оценка природного ландшафта, испытывающего антропогенное воздействие – необходимое условие для правильной оценки трансформации данной природной системы, её отдельных компонентов, установления основных механизмов поступления загрязняющих веществ и прогнозирования возможных экологических последствий.

Природные ландшафты заполярных территорий отличаются неустойчивостью к техногенным загрязнениям вследствие нескольких факторов, главные из которых – особенности погодно-климатических условий и специфика протекания биогеохимических процессов в почве. Одновременно с этим заполярные территории часто становятся сырьевыми и промышленными объектами, при работе которых с атмосферными выбросами и сточными водами в природную среду поступает огромное количество загрязняющих веществ. Яркими примерами таких предприятий являются горно-обогатительные комбинаты цветной металлургии.

Цель предлагаемого исследования – установление эколого-геохимических особенностей ландшафтов, расположенных в зоне влияния промышленных предприятий пгт. Никель, главным образом представленных горно-обогатительным медно-никелевым комбинатом, производящим медно-никелевый полуфабрикат и серную кислоту.

Предмет и объекты исследования

Предмет исследования – северо-таежные, лесотундровые и горно-тундровые ландшафты северо-запада Кольского полуострова. Объектами исследования стали почвенно-растительный и снеговой покровы данных ландшафтов, наиболее широко представленные на изучаемой территории.

Исследования проводились в 2007-2009 годах непосредственно на территории поселка Никель и на разных расстояниях от него (до 90 км). Основное направление, по которому проводились исследования – юго-запад и юго-восток от поселка. Данный выбор связан с особенностями системы ветров, формирующейся в этом районе - большую часть года господствуют ветры северных направлений, которые переносят атмосферные

* © Ежов А. Ю.

выбросы от комбината в сторону поселка, а также расположенного в 15 км южнее Государственного природного заповедника «Пасвик». Территория заповедника принята нами как фоновая для исследуемого региона [1]. Всего заложено 48 точек комплексного физико-географического описания, объединенных в 10 катен. На этих точках проводился сбор образцов покровообразующих растений (350 образцов), отбор почвенных генетических горизонтов (170 образцов), почвообразующих пород (40 образцов). В зимнее время на точках, наиболее близко расположенных к комбинату, проводился сбор снега (20 образцов) для дальнейших гидрохимических исследований.

Методы и материалы исследования

Полевые исследования проводились в соответствии с общепринятыми методологическими подходами [3] и включали в себя заложение почвенных катен, включающих основные ландшафтные обстановки изучаемой территории. По катенам закладывались почвенные разрезы, производился отбор почвенных горизонтов, почвообразующих пород, вегетативных органов покровообразующих видов растений.

Лабораторно-аналитические исследования включали изучение физико-химических свойств почв, определение органического углерода по Тюрину, определение зольности растительного материала методом сухого озоления при 800°С, определение содержания геохимически активных форм тяжелых металлов в почве и почвообразующих породах методом атомно-абсорбционной спектроскопии, валового химического состава почвенных горизонтов и золы растений рентгенофлуоресцентным методом, гидрохимические исследования снега.

Большинство исследований проведены автором в геохимической лаборатории кафедры геологии и геохимии ландшафта МПГУ. Определение валового химического состава проведено в институте геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского РАН на спектрометре “Axios Advanced” фирмы PANalytical” ст. науч. сотрудником Рощиной И.А.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведенных исследований установлены особенности почвенно-растительного покрова территории. Наиболее распространенными почвами являются подзолы, представленные различными модификациями, формирующиеся на вершинах и по склонам небольших останцовых возвышенностей на моренных и флювиогляциальных отложениях последнего валдайского оледенения, а также на элювий-коллювии коренных пород [4]. На подзолах развиваются типичные северо-таежные флористические ассоциации, сформированные главным образом сосной обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), к которой в различной степени примешиваются березы (*Betula pubescens* Ehrh., *B. tortuosa* Ledeb. и др.) [7]. Профиль подзолов в большинстве случаев хорошо дифференцирован и представлен следующим набором горизонтов: $A_0 - A_T (A_1) - A_2 - B_H (B_F) - BC - C$ или $A_0 - A_2 - B_F - C$. Элювиальный горизонт составляет 2 – 8 см, имеет четкие границы и ясно выделяется как по минералого-гранулометрическому, так и по химическому составу [5].

Второй по значимости на исследуемой территории является группа торфяно-болотных почв, также представленная несколькими разновидностями. Наиболее типичны торфяно-болотные почвы болот переходного и олиготрофного типа, сложенные сфагновыми горизонтами и имеющими мощность от 30 до 60 см. Формируются болота в нижних частях пологих склонов и межостанцовых низинах на морских суглинистых отложениях последних позднеплейстоценовых трансгрессий, происходящих по долинам крупных рек [4]. На болотах развивается мохово-лишайниковая и кустарничковая растительность.

Менее распространены переходные типы почв, а также скелетные горно-тундровые почвы, характеризующиеся сильным переувлажнением, слабой дифференциацией и малой мощностью профиля. Эти почвы занимают ограниченные участки вершин наиболее крупных возвышенностей (250 – 350 м над у. м.), развиваясь на элювии коренных пород, представленных разнообразными кристаллическими и зеленокаменными сланцами, ортогнейсами [2]. Здесь формируются скудные лишайниково-кустарничковые ассоциации, древесная растительность представлена стланиковыми формами.

В ходе исследования установлены основные физико-химические свойства почв. Все изученные почвы отличаются кислой и слабокислой реакцией среды. Наиболее кислыми являются верхние торфяные горизонты болотных почв – pH_{H_2O} 3,2 – 4,0 и элювиальные горизонты подзолов – pH_{H_2O} - 3,1 – 3,7. Такие показатели характеризуются особенностями минералогического состава почвообразующих пород, а главное – резким преобладанием в указанных горизонтах ненасыщенных фульвокислот, образующихся в условиях медленного разложения низкочольного растительного опада [5]. На севере изученной территории, в районе пос. Никель наблюдается некоторое снижение кислотности и реакция среды в подстилке и верхних органогенных горизонтах приближается к нейтральной. Это явление может быть связано с увеличением роли воздушных масс, перемещающихся с близкорасположенного Баренцева моря и насыщенных солями щелочных металлов. Вероятно, поступающие сюда морские соли способствуют нейтрализации последствий даже таких опасных техногенных явлений, как кислотные осадки.

Большинство исследованных почв отличаются низкой насыщенностью основаниями. Это связано в первую очередь с низким содержанием в почвенном растворе обменных оснований, легким гранулометрическим составом и особенностями водного режима почв. Для фоновых участков насыщенность почв составляет 5-30 %, с максимумом в верхних органогенных горизонтах и почвообразующих породах тяжелого гранулометрического состава. В почвенных разрезах, заложенных в непосредственной близости от пос. Никель, этот показатель вырастает до 40-70 %, что связано, в первую очередь, с низкими показателями гидролитической кислотности (10-30 мг-экв/кг).

Исследуемые почвы отличаются сравнительно повышенными показателями гумусированности профиля. Так, верхние горизонты торфяно-болотных почв содержат до 60 % органического углерода от воздушно сухой навески почвы. Подзолы и подобные им почвы характеризуются следующим распределением органического вещества по профилю. Максимум содержания $C_{орг}$ наблюдается в горизонтах A_0 и A_t (30-36 %). Далее, в элювиальном горизонте, происходит резкое падение этого показателя, и этот горизонт содержит 0,2-0,8 % $C_{орг}$. В иллювиальном горизонте В, вследствие целого ряда параллельно протекающих ЭПП [5], наблюдается некоторое накопление гумусовых веществ, содержание которых доходит до 2-4 %. В переходных горизонтах (BC) и почвообразующих пород содержание $C_{орг}$ снова снижается и в большинстве случаев не превышает 0,5 %. Однако для торфяно-перегнойных почв характерно повышенное содержание органического углерода (до 10 %) в почвообразующем горизонте, что связано с особенностями водного режима, медленным разложением перегноя.

Значительная часть исследования была посвящена определению содержания геохимически активных форм тяжелых металлов в почвенных горизонтах и почвообразующих породах. Для изучения были выбраны Cu и Ni как основные компоненты аэрозольных выбросов ГОКа, Zn и Mn – биофильные элементы, которые хорошо накапливаются растениями и аккумулируются в верхней части почвенного профиля (горизонты A_0 , A_t , A_1). Определялись также Pb, Co и Cd. Определения проводились методом атомно-абсорбционной спектроскопии в солянокислой вытяжке (24 часа). 1 n HCl вытягивает из почвы наиболее геохимически подвижные кислоторастворимые формы тяжелых металлов, ко-

торые в наибольшей степени реагируют на изменения геохимической обстановки. Суммарно проведено 1236 элемент-определений. В табл. 1 в качестве примеров приведены результаты по наиболее типичным почвенным разрезам, заложенным как на фоновом участке, так и в непосредственной близости от металлургического комбината.

Полученные данные позволяют сделать несколько выводов:

- для всех рассматриваемых типов почв характерно постепенное (для фоновых участков) или резкое (для загрязненных участков) уменьшение содержания всех изученных тяжелых металлов с глубиной, с небольшим увеличением содержания в почвообразующих породах. Таким образом, накопление тяжелых металлов происходит в основном в органогенных горизонтах – А₀, А_т, А_d, А₁, Т₁;

- для алюмо-железисто-гумусовых подзолов отобранных на фоновом участке (разрезы 2, 6, 7, 8, 10, 12, 17, 18, 26, 28, 31, 35, 43, 44, 46, 48), характерно следующее распределение концентрации металлов по профилю: максимальное содержание отмечается в подстилочном горизонте А₀, далее в горизонте А_т или А₁ содержание металлов несколько снижается. Минимальное содержание металлов фиксируется в элювиальном горизонте А₂. В нижележащем иллювиальном горизонте происходит повышение концентрации металлов, что связано с увеличением содержания в этом горизонте гумусовых веществ и с увеличением роли почвенного поглощающего комплекса. В переходных к почвообразующим породам и в самой материнской породе концентрация металлов снова снижается, исключая случаи, когда в качестве субстрата для почвообразования выступают горные породы основного состава и продукты их разрушения.

Разрезы, вскрывающие подзолы в районе пос. Никель (разрезы 39, 41, 47) характеризуются другим распределением концентраций металлов по генетическим горизонтам. Максимальное содержание геохимически активных металлов фиксируется в верхних органогенных горизонтах. Далее, с глубиной, концентрация металлов резко снижается, причем в горизонте А₂ подвижных тяжелых металлов содержится больше, чем в нижележащем иллювиальном горизонте В, что не согласуется с элювиально-иллювиальным типом распределения химических элементов в подзолистых почвах в условиях промывного режима;

- наибольшие концентрации геохимически активных форм тяжелых металлов констатируются для верхних органогенных горизонтов почв, отобранных в 10-км зоне к юго-востоку, юго-западу и западу от поселка Никель. В этих горизонтах содержание таких металлов, как Ni и Cu, колеблется от 700 до 2500 мг/кг (разрезы 38, 39, 40, 41, 45, 47, 48), а Pb – до 380 мг/кг (разрез 46-09).

Заключение

В ходе проведенных исследований установлены основные источники поступления загрязняющих веществ, в том числе тяжелых металлов, в природные ландшафты северо-запада Кольского полуострова, степень их аккумуляции в различных компонентах этих ландшафтов. Значительное накопление металлов происходит в верхних органогенных горизонтах почвенного профиля. Основные загрязнители в районе промышленных производств – медь и никель, содержание которых в органогенных горизонтах почв достигает 2000 – 2500 мг/кг, что превышает фоновые показатели в сотни раз. Отмечается увеличение концентрации геохимически активных форм свинца – до 100 мг/кг. В комплексе с кислотными атмосферными осадками накопление токсичных и мутагенных металлов в корнеобитаемой толще почвы имеет весьма негативное влияние на существование многих видов растений, в значительной степени – древесных. Это приводит к выпадению из флористических сообществ некоторых видов растений, а в непосредственной зоне

влияния атмосферных выбросов комбината – полному исчезновению растительного покрова. Следствием нарушения растительного покрова становятся изменения в водном и мерзлотном режимах почв и грунтов, сдвиги в биогеохимических циклах и образование геохимических аномалий определенных элементов и их соединений, зачастую опасных для жизни и здоровья человека.

Таблица 1

Содержание геохимически активных форм тяжелых металлов в почве.

участок	разрез	горизонт	тяжелые металлы, мг/кг						
			Cu	Zn	Mn	Ni	Co	Pb	Cd
«Фоновый участок» территория заповедника «Пасвик»	иллювиально-железистый подзол на моренных отложениях								
	07-07	A ₀	13,03	6,44	52,82	4,68	<0,001	14,71	-
		A ₁ /A _T	6,01	2,19	43,67	0,54	<0,001	15,56	-
		A ₂	0,55	<0,001	1,21	<0,001	<0,001	0,31	-
		B _F	3,67	1,981	9,15	0,43	0,21	1,06	-
		C	12,79	3,00	14,79	2,26	0,13	1,22	-
	торфяно-болотная почва на элювии-пролювии								
	20-07	T ₁	24,12	19,44	53,61	14,20	<0,001	8,99	-
		T ₂	10,60	16,91	9,72	1,55	2,70	11,91	-
		T ₃	7,43	0,78	2,89	<0,001	0,16	3,94	-
		T ₄	14,00	1,22	3,59	<0,001	<0,001	3,25	-
		C	10,06	3,13	7,44	0,27	0,88	1,61	-
	горно-тундровая почва на элювии коренных пород								
	24-07	A _T	12,71	3,72	12,45	<0,001	0,07	4,19	0,20
		B	13,44	3,69	14,78	<0,001	0,99	2,35	0,11
C		22,58	5,15	25,81	<0,001	1,81	3,28	0,08	
«Загрязненный участок» район пос. Никель	иллювиально-железистый подзол на элювии метаморфических сланцев								
	47-09	A ₀	1823,09	41,49	461,33	2466,53	59,40	56,93	-
		A ₁	1822,47	23,34	459,79	1015,23	44,64	29,46	-
		A ₂	39,12	7,36	28,95	95,36	3,67	0,72	-
		B _F	32,18	6,50	19,43	27,76	2,17	2,21	-
		BC	38,40	6,67	20,20	23,54	2,68	2,18	-
	торфяно-болотная почва на морских суглинках								
	36-08	Оч	162,30	16,46	140,79	77,91	0,84	8,98	-
		T ₁	21,52	16,01	135,22	26,87	<0,001	9,56	-
		T ₂	5,18	19,02	21,51	<0,001	<0,001	2,58	-
		C	3,94	4,19	9,93	0,77	0,26	3,78	-
	горно-тундровая почва на элювии хлоритовых сланцев								
	41-08	A ₀	2235,30	59,53	384,48	888,20	9,90	15,25	-
		A	1574,82	40,98	281,91	817,40	5,88	37,39	-
		B	463,56	20,59	1463,97	328,25	7,15	21,72	-
C		43,059	9,14	202,36	23,632	5,88	3,43	-	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Глазовская М.А. Методологические основы оценки эколого-геохимической устойчивости почв к техногенным воздействиям. – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 189 с.
2. Горбунов Г.И. Медно-никелевые месторождения Печенги // Тр. ин-та ИГЕМ РАН. Новая серия. – Вып. 2 (отв. Редактор Н.П. Лаверов.) – М.: ГЕОС, 1999. – 236 с.
3. Евдокимова Т. И. Почвенная съемка. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 270 с.

4. Лаврова М.М. Четвертичная геология Кольского полуострова. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. – 233 с.
5. Никонов В.В., Переверзев В.Н. Почвообразование в Кольской Субарктике. – Л.: Наука, 1989. – 168 с.
6. Обухов А.И., Плеханова И.О. Атомно-абсорбционный анализ в почвенно-биологических исследованиях. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 184 с.
7. Раменская М.Л. Анализ флоры Мурманской области и Карелии. – Л.: Наука, 1983. – 216 с.

A. Ezhov

TECHNOGENIC POLLUTION BY HEAVY METALS OF LANDSCAPES OF THE NORTHWEST OF KOLA PENINSULA

Abstract. Industrial pollution of natural landscapes – one of global problems of mankind. For an estimation of degree of influence of the industrial enterprises on environment it is necessary to conduct complex ekologo-geochemical researches. In offered article results of ekologo-geochemical research of natural landscapes of northwest sector of the Kola Polar region are presented. The basic sources of receipt of polluting substances, including of some heavy metals are revealed. Ekologo-geochemical consequences of pollution of the studied natural landscapes are established.

Key words: The Ekologo-geochemical characteristic, technogenic pollution, heavy metals, soil, vegetation, landscapes.