

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПОЧВООБРАЗУЮЩИХ ПОРОДАХ И ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ОЗЕРНО-ЛЕДНИКОВЫХ РАВНИН СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Г.В. АХМЕТОВА, *мл. науч. сотр. лаборатории лесного почвоведения и микробиологии
Института леса Карельского научного центра РАН*

Содержание микроэлементов в почвах оказывает большое влияние на плодородие. Определение валового содержания микроэлементов и их подвижных форм, распределение по почвенному профилю позволяют оценить их доступный фонд в почве для растений, выяснить особенности аккумуляции и миграции микроэлементов. Каждый ландшафт характеризуется своими значениями концентрации микроэлементов в почве [6]. Изучение особенностей содержания и распределения микроэлементов в почвах различных ландшафтов является актуальной проблемой и имеет большое теоретическое и практическое значение.

В настоящее время деятельность человека оказывает все большее влияние на природные сферы планеты, а почва является главным аккумулятором загрязняющих веществ [5]. Данные по содержанию микроэлементов необходимы для охраны почв от загрязнения и окружающей среды в целом, так как современная система показателей ПДК и ОДС плохо применяется в каждом конкретном случае [7, 8].

Целью исследований явилось выявление содержания и закономерностей внутрипрофильного распространения микроэлементов в почвах и почвообразующих породах ландшафта озерно-ледниковых равнин среднетаежной подзоны Карелии.

Исследования проводились в среднетаежной подзоне Карелии на территории Шуйской равнины. Объекты исследования – элювиально-грунтово-глеевые, перегнойно-грунтово-глеевые, буроземы глееватые, вторично задернованные, и подзолы иллювиально-железистые супесчаные, а также почвообразующие породы, на которых они образовались.

Ландшафты озерно-ледниковых равнин распространены на территории абразивной деятельности древних озерных водоемов, существовавших в поздне- и послеледниковое время, и широко развиты на территории

южной Карелии [4]. Преобладающими почвообразующими породами данного ландшафта являются глины ленточного строения, которые обычно залегают на размытой поверхности супесчаной и суглинистой морены. Мощность слоя глин может колебаться от 0 до 15 м и более, но чаще всего составляет 3–5 м. В местах, где слой глин уменьшается, на поверхность выходят морены. В настоящее время, большая часть почв ландшафта окультурена, на местах большинства бывших сельскохозяйственных угодий произрастают производные мелколиственные леса – березово-еловые разнотравные. Под ними сформировались элювиально-грунтово-глеевые суглинистые и перегнойно-грунтово-глеевые почвы, а под елово-сосновым древостоем развиты подзолы иллювиально-железистые [9].

Валовое содержание микроэлементов и их подвижных форм были определены методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии. Подвижные формы микроэлементов извлекались при помощи вытяжек – аммонийно-ацетатного буферного раствора с pH 4,8 и хлористого аммония [1]. Полученные данные были обработаны с использованием программ Microsoft Excel 2003 и Statistica 6.0. Для каждого элемента были рассчитаны средние содержание, коэффициенты вариации (V , %) и коэффициенты концентрации относительно среднего их содержания в литосфере (K_k л) и почве (K_k п) по Виноградову [2, 3].

Наиболее значительное влияние на содержание микроэлементов в разных почвообразующих породах ландшафта озерно-ледниковых равнин оказывает механический и минералогический состав пород. Сильнее это влияние проявляется для следующих микроэлементов – цинка, никеля, магния, в меньшей степени для железа и меди. Наибольшее содержание всех микроэлементов характерно для глин, только концентрация кобальта и особенно хрома выше в морене (табл. 1).

**Содержание микроэлементов в почвообразующих породах
ландшафта озерно-ледниковых равнин**

Элемент	Валовое содержание			Подвижные формы		
	среднее, мг/кг	V, %	Кк л	среднее, мг/кг	% от вал.	V, %
Ленточные глины						
Cu	33,8	4	0,7	1,14	3,8	4
Zn	47,0	11	0,6	1,20	0,4	11
Ni	28,7	14	0,5	0,06	0,2	14
Co	12,5	7	0,7	0,02	0,2	6
Cr	44,1	16	0,5	0,10	0,3	15
Fe	15600	16	0,5	0,20	0,001	16
Mn	580	11	0,6	10,02	1,7	11
Суглинистая морена						
Cu	17,8	6,0	0,4	0,58	3,4	6
Zn	16,7	22,5	0,2	0,43	1,3	22
Ni	13,3	4,8	0,2	0,10	0,4	5
Co	14,4	48,2	0,8	0,09	1,0	48
Cr	65,0	52	0,7	0,19	0,35	90
Fe	11400	14,9	0,3	0,69	0,003	15
Mn	200	22,6	0,2	2,40	1,5	23

Для всех микроэлементов характерно умеренное и сильное рассеяние относительно кларка литосферы [2], только для меди и кобальта в ленточных глинах, по сравнению с другими элементами, наблюдается их повышенное содержание – кларки концентрации достигают 0,70. Содержание кобальта и в меньшей степени хрома в моренах приближается среднему значению хрома в литосфере – $K_k л = 0,7-0,8$.

Микроэлементы в подвижной форме в почвообразующих породах ландшафта содержатся в незначительных количествах, в среднем менее 1 % от общего содержания (табл. 1). Исключение составляет медь (3–4 %) и марганец (1,5–1,7 %). Обнаружена закономерность, что в подвижной форме большинство микроэлементов (кроме меди, марганца и цинка) содержится больше в морене, чем в глинах.

Качественный и количественный микроэлементный состав почвообразующих пород достаточно сильно различается в зависимости от характера пород (табл. 1).

Его можно представить в виде рядов:
для ленточных глин

$$Fe(15600) > Mn(580) > Zn(47) = Cr(44) > \\ > Cu(33,7) = Ni(28,7) > Co(12,5),$$

для морены

$$Fe(11400) > Mn(200) > Cr(23,5) > Cu(17,8) = \\ = Zn(16,7) > Co(14,4) = Ni(13,3).$$

По содержанию микроэлементов изучаемые почвы сильно различаются. Пределы колебания достаточно широкие, коэффициенты вариации в среднем составляют 20–40 % и достигают 60 % для марганца. Данный факт является следствием влияния почвообразующих пород и формированием в условиях изучаемого ландшафта почв различного генезиса, для которых характерны резко отличные друг от друга процессы накопления и миграции веществ.

Самые высокие значения содержания микроэлементов в почвах ландшафта выявлены для элювиально-грунтово-глеевых почв (табл. 2). По сравнению с другими почвами для них характерны наиболее низкие коэффициенты вариации – 10–30 %, только для марганца этот показатель достигает 62 %. По отношению к кларкам литосферы и почвы содержание большинства микроэлементов невысокое, только коэффициенты концентрации кобальта и меди свидетельствуют об их накоплении ($K_k п > 1$). Профиль почв слабо дифференцирован по содержанию микроэлементов в генетических горизонтах. Для подстилки характерно незначительное биогенное накопление меди и марганца. При достаточно равномерном распределении микроэлементов по профилю наблюдается незначительная их

аккумуляция в глинистом оглеенном горизонте ВСg (рис. 1), особенно сильно данная тенденция проявляется для железа и марганца. Подвижными формами микроэлементов данные почвы обеспечены слабо. По отношению к валовому содержанию доля их варьирует от 0,01 % (железо) до 5 % (марганец). Очень высокие коэффициенты вариации 40–90 % говорят о большой изменчивости содержания подвижных форм микроэлементов в данных почвах.

Немного меньше, чем в элювиально-грунтово-глеевых почвах, содержание микроэлементов в буроземах глееватых, вторично задернованных. Незначительное биогенное накопление в подстилке только марганца, остальные микроэлементы, особенно хром, характеризуются преобладанием процессов выноса вниз по горизонту. Большинство микроэлементов распределены по профилю буроземов равномерно (рис. 2), их содержание с глубиной постепенно снижается. Только для меди выявлено большое накопление в подподстилочном минеральном горизонте и резкое уменьшение с глубиной.

Содержание подвижных форм микроэлементов, даже марганца, в буроземах очень низкое. Особенно незначительна концентрация подвижного железа – 1,0 мг/кг, что составляет 0,01 % от валового количества.

Перегноино-грунтово-глеевые почвы отличаются меньшими значениями концентрации большинства микроэлементов, чем элювиальные почвы и буроземы (табл. 2). Выявлено достаточно высокое содержание меди в данных почвах – $K_k > 1$, что говорит о накоплении данного элемента. Мощная оторфованная подстилка обеднена почти всеми микроэлементами, кроме меди, имеющей значительную биогенную аккумуляцию (рис. 3). В органогенном горизонте более высокое содержание почти всех микроэлементов характерно для нижнего слоя подстилки, только меди и цинка – в верхнем. Наибольшие значения микроэлементов в глеевом глинистом горизонте, но по сравнению с почвообразующей породой не наблюдается активной аккумуляции микроэлементов. Отмечено достаточно высокое содержание подвижных форм микроэлементов в данных почвах, осо-

бенно цинка (4,2 мг/кг), кобальта (1,0 мг/кг) и марганца (30,8 мг/кг). Это связано с большей подвижностью микроэлементов в органогенных горизонтах.

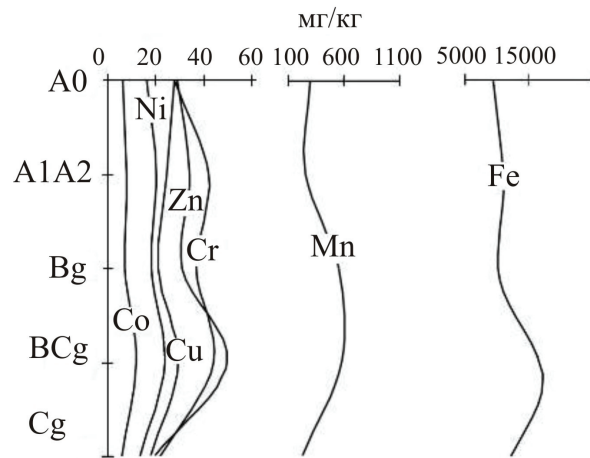


Рис. 1. Распределение микроэлементов в профиле элювиально-грунтово-глеевой почвы

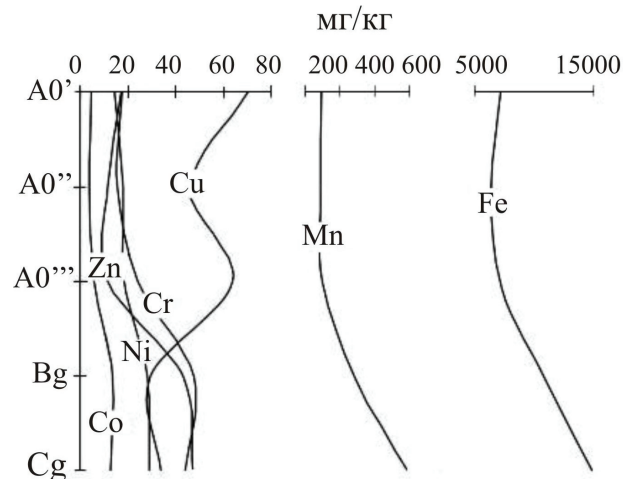


Рис. 2. Распределение микроэлементов в профиле бурозема глееватого, вторично задернованного

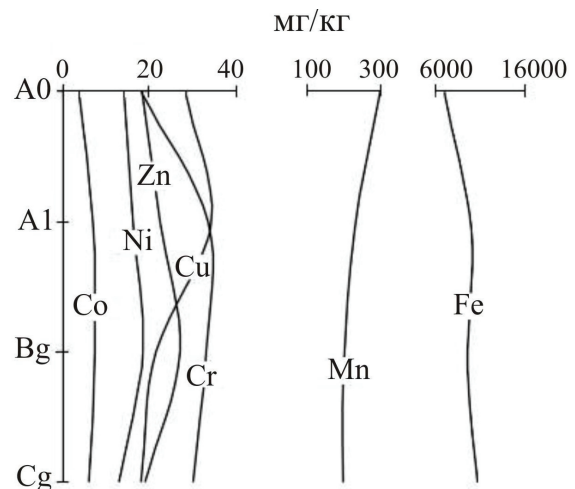


Рис. 3. Распределение микроэлементов в профиле перегноино-грунтово-глеевой почвы

Содержание микроэлементов в почвах ландшафта озерно-ледниковых равнин

Элемент	Валовое содержание				Подвижные формы		
	Среднее, мг/кг	V, %	Кк л	Кк п	Среднее, мг/кг	% от вал.	V, %
Элювиально-грунтово-глеевые почвы							
Cu	24	30	0,50	1,18	0,32	1,61	90
Zn	35	25	0,42	0,70	0,50	1,40	52
Ni	18,8	20	0,32	0,47	0,21	1,10	45
Co	7,8	20	0,43	0,97	0,23	2,90	48
Cr	40,3	12	0,48	0,57	0,46	1,14	44
Fe	11128	23	0,24	0,29	1,21	0,01	94
Mn	358	62	0,36	0,42	13,03	5,0	21
Перегноино-грунтово-глеевые							
Cu	51,0	38	1,34	2,60	1,02	2,0	60
Zn	24,6	28	0,29	0,48	4,21	17,5	37
Ni	17,2	40	0,28	0,43	0,26	1,5	45
Co	7,3	18	0,40	0,91	1,12	13,7	61
Cr	26,7	43	0,32	0,38	0,41	1,5	33
Fe	8510	11	0,18	0,22	127,80	0,3	19
Mn	154	28	0,15	0,18	30,76	30,0	63
Бурозем глееватый вторично задернованный							
Cu	29,1	56	0,60	1,44	0,26	0,9	65
Zn	22,7	26	0,27	0,45	0,44	1,9	53
Ni	16,3	55	0,28	0,41	0,10	0,6	80
Co	6,2	20	0,34	0,78	0,29	6,7	19
Cr	26,7	43	0,32	0,38	0,41	1,5	33
Fe	9200	1	0,20	0,24	1,00	0,01	81
Mn	200	16	0,20	0,23	4,32	3,2	31
Подзол иллювиально-железистый							
Cu	4,4	67	0,09	0,22	0,03	0,9	100
Zn	8,1	24	0,10	0,16	0,31	3,7	74
Ni	5,7	47	0,10	0,14	0,02	0,4	12
Co	2,0	15	0,11	0,25	0,13	6,5	65
Cr	53,1	44	0,64	0,76	0,73	1,3	45
Fe	6000	15	0,16	0,19	22,33	0,3	57
Mn	135	47	0,14	0,16	4,32	3,3	31

Самыми бедными по содержанию микроэлементов являются подзолы иллювиально-железистые супесчаные, которые развиты на супесчаной и суглинистой морене. Для данных почв характерны очень низкие кларки концентрации почти всех микроэлементов, кроме хрома, содержание которого на одном уровне с другими почвами ландшафта (табл. 2). Это является следствием достаточно высокого содержания данного микроэлемента в почвообразующих породах, на которых сформировались данные почвы. Также у подзолов выявлены самые высокие коэффициенты вариации для всех микроэлементов. Это обусловлено особенностями миграции в них микроэлементов и формированием в дан-

ных почвах геохимических радиальных барьеров – органогенно-сорбционного (лесная подстилка) и сорбционного (иллювиальный горизонт). В условиях промывного режима почвы с развитием подзолообразовательного процесса и в сочетании с хорошим дренажом формируется резко дифференцированный микроэлементный профиль. Ярко выражена биогенная аккумуляция никеля, меди, цинка, кобальта и марганца, в меньшей мере – железа. В минеральной толще почвы микроэлементы распределены по элювиально-иллювиальному типу (особенно железо и марганец) – резкий минимум содержания всех микроэлементов наблюдается в подзолистом горизонте и максимум – в иллювиальном (рис. 4).

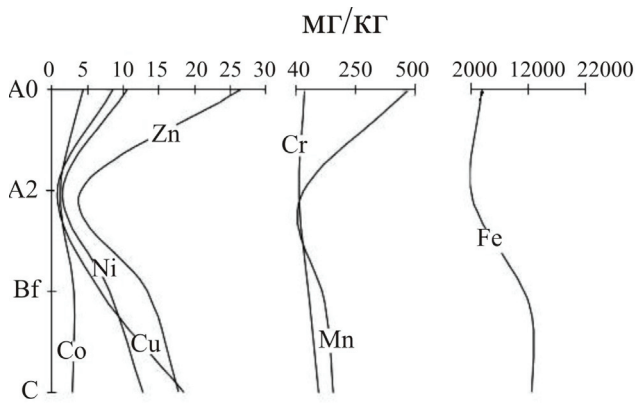


Рис. 4. Распределение микроэлементов в профиле подзола иллювиально-железистого

Подзолы обеднены подвижными формами микроэлементов, только железа более высокое количество. По сравнению с остальными почвами ландшафта его содержание достигает 0,33 % от валового содержания. Очень низкая концентрация подвижных форм меди и никеля.

Таким образом, в процессе почвообразования уровень содержания микроэлементов изменяется и микроэлементный состав почв данного ландшафта приобретает вид

$$\text{Fe}(9577) > \text{Mn}(206) > \text{Cr}(39,3) > \text{Zn}(25,6) = \\ = \text{Cu}(23,2) > \text{Ni}(15,4) > \text{Co}(6,3).$$

Подобная закономерность верна для элювиальных и перегнойных почв, в буроземах меди немного больше, чем цинка, а в подзолах наблюдается сильное уменьшение содержания меди и увеличение никеля. По степени обеспеченности микроэлементами почвы можно расположить так: элювиально-грунтово-глеевые — буроземы глееватые вторично задернованные — перегнойно-грунтово-глеевые — подзолы иллювиально-железистые.

В среднем содержание всех микроэлементов в почвах данного ландшафта ниже их кларковых значений. Это говорит о преобладании процессов рассеивания микроэлементов. Кларки концентраций микроэлементов относительно литосферы ниже 0,6. Отмечается очень низкое содержание железа, марганца и никеля (Кк л не больше 0,26). Самые высокие кларки концентрации относительно литосферы получены для меди (Кк л = 0,40) и хрома (Кк л = 0,49). Так же, как и в почвообразующих породах ландшафта, наблюдается достаточно высокое содержание меди и

кобальта, коэффициенты концентрации которых приближаются к их среднему значению в почвах мира — Кк п Cu = 1,15; Co = 0,84.

Фактором, оказывающим влияние на содержание микроэлементов в почвах этого типа ландшафта, являются почвообразующие породы тяжелого механического состава — ленточные глины и суглинистая морена. Породы характеризуются наиболее высокими показателями содержания микроэлементов среди почвообразующих пород Карелии, за исключением шунгитовой морены [10]. Концентрация всех микроэлементов ниже их кларковых значений. Содержание микроэлементов в почвообразующих породах ландшафта резко различается, что в основном зависит от их минералогического и гранулометрического состава. Более тяжелые по гранулометрическому составу породы характеризуются наибольшими величинами содержания микроэлементов. Различие между содержанием микроэлементов в разных породах особенно существенно для меди, цинка, марганца.

Формирование микроэлементного состава почв ландшафта также сопровождается рассеянием всех микроэлементов, особенно железа и марганца. Рассеяние наиболее сильно проявляется в подзолах, несколько меньше — в элювиально-поверхностно-глеевых и буроземах. По сравнению с почвенным кларком почвы ландшафта незначительно обогащены медью, имеют почти одинаковое содержание кобальта и обеднены всеми остальными микроэлементами.

Подвижными формами микроэлементов почвы обеспечены недостаточно, особенно мало подвижного железа, а также никеля.

Библиографический список

1. Агрохимические методы исследования почв. — М.: Наука, 1975. — 656 с.
2. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах / А.П. Виноградов. — М.: Изд-во АН СССР, 1957. — 237 с.
3. Виноградов, А.П. Среднее содержание элементов в главных типах изверженных горных пород земной коры / А.П. Виноградов // Геохимия. — 1962. — № 7. — С. 555–557.
4. Волков, А.Д. Экосистемы ландшафтов запада средней тайги (структура, динамика) / А.Д. Волков, А.Н. Громцев, Г.В. Еруков и др. — Петрозаводск: Карелия, 1990. — 284 с.

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО

5. Добровольский, В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 431–441.
6. Добровольский, В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639–645.
7. Ильин, В.Б. К вопросу о разработке ПДК тяжелых металлов / В.Б. Ильин // Агрохимия. – 1985. – № 10. – С. 94–101.
8. Ильин, В.Б. Фоновое содержание тяжелых металлов в почвах – важный компонент экологического мониторинга / В.Б. Ильин // Докл. II междунар. науч.-практ. конф. «Тяжелые металлы, радионуклиды и элементы-биофилы в окружающей среде». Т.1. – Семипалатинск, 2002. – С. 141–147.
9. Морозова, Р.М. Лесные почвы Карелии / Р.М. Морозова. – Л.: Наука, 1991. – 184 с.
10. Тойкка, М.А. Микроэлементы в Карелии / М.А. Тойкка, Е.М. Перевозчикова, Т.И. Левкина и др. – Л.: Наука, 1973. – 284 с.