

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ЛЕСНЫХ ПОЧВАХ ТРЕХ ТИПОВ ЛАНДШАФТОВ СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ КАРЕЛИИ

Г.В. АХМЕТОВА, *м. н. с. Института леса Карельского научного центра РАН*

akhmetova@krc.karelia.ru

Необходимость исследований по выявлению особенностей содержания микроэлементов в различных средах связана с тем, что они, являясь жизненно необходимыми для нормального функционирования живых организмов, при повышенных концентрациях относятся к наиболее опасным загрязняющим веществам – тяжелым металлам. Почва как специфический компонент биосферы способна не только аккумулировать тяжелые металлы, но и выступать в качестве природного буфера, контролирующего перенос химических элементов и соединений [1]. В настоящее время определению региональных фоновых количественных показателей содержания тяжелых металлов для диагностики уровня загрязнения почв посвящено много исследований [2–4, 10]. Однако содержа-

ние микроэлементов не только колеблется на региональном уровне, но и сильно зависит от ландшафтно-экологических условий. В связи с этим изучение микроэлементного состава почв для выявления их фоновых значений с учетом ландшафтных особенностей территории является актуальной задачей [5].

В процессе исследований были изучены лесные почвы трех типов ландшафтов среднетаежной подзоны Карелии, которые по общей площади составляют более 20 % территории республики [4]. Все объекты резко отличаются по геоморфологическим, литологическим, особенностям растительного покрова, почвообразующим породам и почвам. В каждом типе ландшафта были заложены комплексные ландшафтные профили.

Тип ландшафта озерных и озерно-ледниковых равнин среднезаболоченный с преобладанием еловых местообитаний широко распространен на Восточно-Онежской равнине, в восточной части Заонежского полуострова, на Шуйской низменности и на северо-востоке Олонецкой равнины. Почвообразующие породы представлены ленточными глинами, но часто на поверхность выходит морена суглинистого, реже супесчаного механического состава. Почвенный покров ландшафта представлен сочетаниями следующих почв: под березняками разнотравными, имеющими породный состав 6Б2С2Е, и таволжными (10БедСедЕ) II и III класса бонитета формируются элювиально-грунтово-глеевые. Перегнойно-грунтово-глеевые почвы развиваются под осинниками кисличными (6Ос2Е1Б1Б) и черничными (4Ос3Е2Б1С) I и II класса бонитета. На морене легкого механического состава под сосняком черничным III класса бонитета (4С3Е2Ос1Б) развиты подзолы иллювиально-железистые, на морене более тяжелого механического состава под ельниками кисличными высокобонитетными (5Е2С2Ос1Б, 6Е1С2Ос1Б) буроземы оглеенные вторично-задернованные.

Тип ландшафта денудационно-тектонического грядового (сельгового) среднезаболоченного с преобладанием сосновых местообитаний приурочен к северному побережью Онежского озера. Этот ландшафт отличается широким разнообразием часто выходящих на поверхность коренных пород, в основном кислого химического состава. Но встречаются и габбро-диабазы – породы основного химического состава. В понижениях коренные породы покрыты плащом морены. Специфика почвенного покрова зависит от разнообразия форм рельефа и почвообразующих пород, поэтому отличается мелкоконтурностью и разнообразием. На водораздельных участках ландшафта под сосняками (9С1ЕедБедОс) и ельниками черничными (6Е2С2Ос) II класса бонитета развиваются примитивные, неполноразвитые подбуры и подзолистые почвы. В пониженных частях рельефа под высокобонитетными ельниками кисличными (8Е2СедОседБ) и сосняками брусничными (10СедБ+Е) распространены

поверхностно-подзолистые почвы, а под сосняками и ельниками черничными (7С2Б1ЕедОс, 6Е3Ос1БедОс) II-III класса бонитета, подзолы иллювиально-железистые языковатые песчаные. Торфяные почвы развиваются под сосняками осоково-сфагновыми (5С3БедЕ) и хвощово-сфагновыми (10СЕБедОс) IV-V классов бонитета.

Ландшафт ледниковый холмистогрядовый среднезаболоченный с преобладанием еловых местообитаний строгой географической приуроченности в пределах подзоны средней тайги Карелии не имеет [6]. Почвообразующие породы представлены элюво-делювиом кислых пород, а также верхними слоями четвертичных отложений – мореной супесчано-легкосуглинистого механического состава с грубообломочным материалом. Почвенный покров представлен сочетаниями следующих почв: на автоморфных участках под сосняками брусничными (8С2Е) и черничными (6Е3С1Б) III класса бонитета развиты подзолы иллювиально-железистые. В более влажных местообитаниях встречаются подзолы иллювиально-гумусово-железистые под ельниками черничными (7Е2Б1Ос) IV класса бонитета, а в полугидроморфных – торфянистые подзолы иллювиально-железисто-гумусовые под ельниками чернично-сфагновыми (7Е2Ос1БедС) и черничными влажными (10Е+Б+Ос) IV класса бонитета. Под сосняками чернично-сфагновыми (9С1ЕедБ), ельниками долгомошными (8Е1Б1С), осоково-сфагновыми (10Е+С+Б), березняками сфагновыми (10БедС) V класса бонитета распространены торфяные переходные почвы.

На пробных площадях закладывались полнопрофильные почвенные разрезы, в которых были отобраны почвенные образцы по генетическим горизонтам почв. В почвенных образцах определялось общее содержание микроэлементов: меди, цинка, никеля, кобальта, хрома, железа, марганца методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Были рассчитаны средние арифметические значения, коэффициенты вариации (V), кларки концентрации (К) – отношение содержания микроэлементов в почве к мировому кларку почв по Виноградову [7].

**Содержание микроэлементов в лесных почвах трех типов ландшафтов
среднетаежной подзоны Карелии**

Элемент	Кларк почвы, мг/кг*	Ландшафт озерных и озерно-ледниковых равнин			Ландшафт денудационно- тектонический грядовый			Ландшафт ледниковый холмисто-грядовый		
		Среднее, мг/кг	<i>K</i>	<i>V</i> , %	Среднее, мг/кг	<i>K</i>	<i>V</i> , %	Среднее, мг/кг	<i>K</i>	<i>V</i> , %
Cu	20	19,0±11,0	0,95	57	19,0±15,2	0,95	80	6,0±2,2	0,30	36
Zn	50	25,6±12,0	0,51	50	20,8±4,2	0,42	20	9,3±1,0	0,24	11
Ni	40	15,4±7,0	0,39	45	12,7±3,8	0,32	30	7,4±1,6	0,19	22
Co	8	6,3±2,6	0,78	42	3,5±1,4	0,43	40	3,0±0,7	0,38	23
Cr	70	39,3±15,0	0,56	38	17,8±5,5	0,25	31	12,5±2,8	0,18	23
Fe	38000	9577±2500	0,25	26	6600±990	0,17	15	3872±658	0,10	17
Mn	850	206±130	0,24	61	305±244	0,38	80	80±25	0,09	31

* – мировой кларк почвы по Виноградову [7].

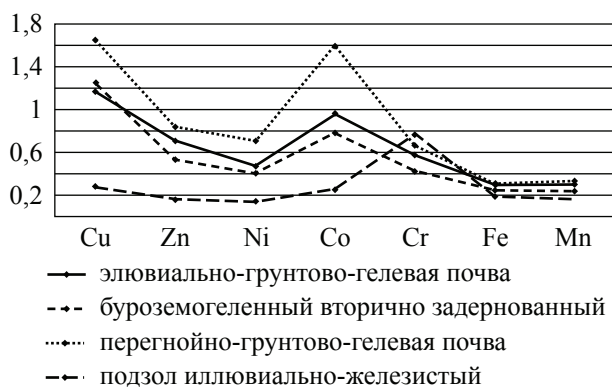


Рис. 1. Кларки концентрации микроэлементов в почвах ландшафта озерных и озерно-ледниковых равнин

Почвы изученных ландшафтов сильно различаются по генезису, химическим, физико-химическим свойствам и, следовательно, по микроэлементному составу (таблица).

По сравнению с кларками почвы изучаемых типов ландшафтов характеризуются сильным рассеянием почти всех микроэлементов, только концентрация меди в почвах ландшафта озерных и озерно-ледниковых равнин и денудационно-тектонического грядового приближается к почвенному кларку.

Существенное влияние на содержание микроэлементов в почвах **ландшафта озерных и озерно-ледниковых равнин** оказывают почвообразующие породы тяжелого механического состава – ленточные глины и суглинистая морена [8]. При сравнении с почвами денудационно-тектонического грядового и ледникового холмисто-грядового почвы данного типа ландшафта характеризуются наиболее высоким содержанием изучаемых микроэлементов (кроме марганца). Однако

концентрация большинства микроэлементов находится на уровне, не превышающем их кларковых значений (рис. 1). Выявлен очень низкий уровень содержания железа, марганца и никеля, и только концентрация меди сопоставима с почвенным кларком микроэлемента – $K = 0,95$. Таким образом, для почв данного типа ландшафта характерно преобладание процессов рассеяния большинства микроэлементов в изучаемых почвах.

Пределы содержания микроэлементов в почвах данного ландшафта очень широкие – коэффициенты вариации достигают 61 % (марганец). Это свидетельствует о сильном различии почв по содержанию в них микроэлементов. Данный факт является следствием влияния неоднородности ландшафта по составу почвообразующих пород на микроэлементный состав и формирования в условиях изучаемого ландшафта почв различного генезиса.

Самыми бедными по содержанию микроэлементов могут считаться подзолы иллювиально-железистые, которые развиты на наиболее легких по механическому составу почвообразующих породах – супесчаной и суглинистой морене. Особенно низкое в них содержание меди – 5,6 мг/кг, цинка – 8,1 мг/кг и никеля – 5,7 мг/кг. Обнаружено, что концентрация хрома в подзолах иллювиально-железистых самая высокая среди почв данного типа ландшафта – 53,1 мг/кг. Это связано с повышенным содержанием хрома в почвообразующих породах, на которых формируются подзолы.

Меньшее рассеяние микроэлементов характерно для элювиально-грунтово-глеевых, перегнойно-грунтово-глеевых почв и бурозе-

мов оглеенных. Концентрация меди в перегнойно-грунтово-глеевых почвах очень высокая – 33 мг/кг, эта величина превышает кларк почвы и достигает $K = 1,62$. Также отмечается достаточно высокое содержание кобальта, в элювиально-грунтово-глеевых почвах концентрация кобальта составляет 7,8 мг/кг, это значение близко к кларку почвы $K = 0,97$. В перегнойно-грунтово-глеевых почвах концентрация кобальта еще выше – 12,4 мг/кг, то есть превышает кларк почвы – $K = 1,6$.

Почвенный покров *денудационно-тектонического грядового* ландшафта, как говорилось выше, отличается мелкоконтурностью и разнообразием. Это обуславливает резкое различие почв по содержанию микроэлементов. Очень высокие коэффициенты вариации говорят о сильной пространственной неоднородности почв ландшафта относительно содержания большинства исследуемых микроэлементов, при этом обнаружено их сильное варьирование в каждой исследуемой почве. Особенно сильное варьирование содержания характерно для меди и марганца – коэффициенты вариации этих микроэлементов достигают 80 %. Только коэффициент вариации железа $V = 15 \%$ свидетельствует о небольшом варьировании концентрации элемента в изучаемых почвах.

В среднем почвы данного ландшафта менее обеспечены микроэлементами, чем почвы озерных и озерно-ледниковых равнин, исключение составляет марганец, среднее содержание которого достигает 305 мг/кг против 206 мг/кг в почвах типа ландшафта озерных и озерно-ледниковых равнин. Среднее содержание меди в почвах данного типа ландшафта находится на уровне ее концентрации в почвах рассмотренного выше ландшафта. При формировании микроэлементного состава почв ландшафта денудационно-тектонического грядового, так же как и для ландшафта озерных и озерно-ледниковых равнин, наблюдается преобладание процессов рассеяния всех микроэлементов (рис. 2). Но для большинства микроэлементов в почвах этого типа ландшафта рассеяние происходит более интенсивно, чем в почвах предыдущего. Исключение составляет медь, очень высокое содержание которой обнаружено в торфяной низинной почве 60,3 мг/кг, $K = 3$.

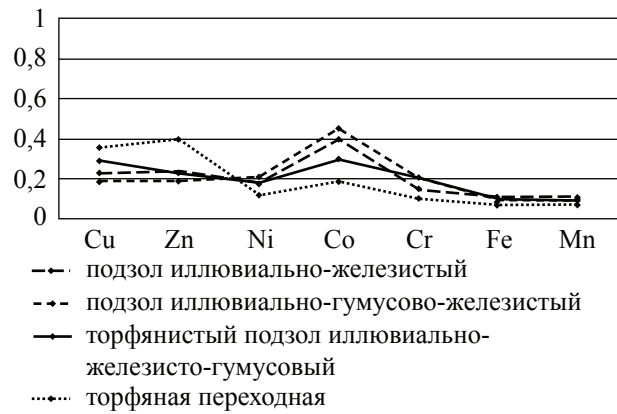


Рис. 2. Кларки концентрации микроэлементов в почвах ландшафта денудационно-тектонического грядового

В целом большая часть изучаемых микроэлементов (медь, хром, железо и марганец), в более высоких концентрациях содержится в почвах, сформированных на элюво-делювии коренных пород – подбуре неполноразвитом и подзолистой неполноразвитой почве. Тогда как почвы, развитые на морене, преимущественно легкого механического состава, более бедны данными микроэлементами. Выявленная закономерность не обнаружена для цинка, никеля и кобальта.

Почвы *ландшафта ледникового холмисто-грядового* характеризуются самыми низкими величинами содержания микроэлементов, что связано с почвообразующими породами, на которых они формируются – мореной легкого механического состава. Она отличается очень малыми концентрациями микроэлементов. Особенно бедны изучаемые почвы, по сравнению с почвами рассмотренных выше типов ландшафтов, медью – 6 мг/кг, марганцем – 80 мг/кг и железом – 3872 мг/кг.

Рассчитанные кларки концентрации изучаемых микроэлементов в почвах данного типа ландшафта низкие – в большинстве случаев не превышают 0,4, очень низкие кларки концентрации получены для железа ($K = 0,10$) и марганца ($K = 0,09$), что говорит о преобладании сильных процессов рассеяния.

По сравнению с почвами рассмотренных выше ландшафтов почвы ландшафта ледникового холмисто-грядового характеризуются относительно равномерным распределением большинства микроэлементов в пространственном направлении, коэффициенты

вариации низкие и средние, и только меди и марганца высокие – более 30 %.

Существенных различий между содержанием микроэлементов в почвах подзолистого генезиса данного типа ландшафта – подзолах иллювиально-железистых, иллювиально-гумусово-железистых и торфянистых иллювиально-железисто-гумусовых, не обнаружено. Торфяная переходная почва отличается несколько более высоким содержанием меди – 7,1 мг/кг, тогда как в почвах подзолистого генезиса ее содержание находится на уровне 4–6 мг/кг. Концентрация цинка в торфяных переходных почвах в среднем составляет 20 мг/кг, а остальные почвы ландшафта характеризуются очень низким содержанием микроэлемента – 9–12 мг/кг. Большинство микроэлементов: никель, кобальт, хром, железо, марганец – в торфяных переходных почвах содержатся в меньших количествах, чем в почвах подзолистого генезиса.

Так как все исследованные объекты находятся в пределах зеленой зоны г. Петрозаводска, встает вопрос о возможном повышенном содержании или даже загрязнении их тяжелыми металлами. Тем не менее, при сравнении с ПДК и средними региональными фоновыми показателями содержания микроэлементов по Карелии [9] установлено, что изучаемые почвы не загрязнены тяжелыми металлами и концентрация их не превышает регионального уровня. Это позволяет определить полученные данные как фоновые для лесных почв исследуемых типов ландшафтов и дает возможность использовать их для нужд регионального мониторинга.

Таким образом, проведенные исследования показали, что почвы изученных типов ландшафтов характеризуются разной степенью обеспеченности микроэлементами. В целом отмечается невысокое содержание большинства микроэлементов в почвах всех изучаемых типов ландшафтов. Выявлено сильное рассеяние почвенных кларков. Особенно низкой концентрацией всех микроэлементов, особенно меди, марганца и железа, отличаются почвы ландшафта ледникового холмисто-грядового. Наиболее обеспеченными микроэлементами могут считаться почвы озерного и озерно-ледникового равнинного типа ландшафта. Медь

в почвах ландшафтов озерного и озерно-ледникового равнинного и денудационно-тектонического грядового содержится на уровне мирового почвенного кларка.

Очень высокие коэффициенты вариации содержания микроэлементов свидетельствуют о пространственной неоднородности микроэлементного состава изучаемых почв. Только для почв ландшафта ледникового холмисто-грядового получены невысокие коэффициенты пространственной вариации.

Изученные почвы не загрязнены тяжелыми металлами, что позволяет определить полученные данные как фоновые для изученных типов ландшафтов.

Библиографический список

1. Мотузова, Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг / Г.В. Мотузова. – М.: Эдиториал УРСС, 1999. – 168 с.
2. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Добровольский, В.В. Ландшафтно-геохимические критерии оценки загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1999. – № 5. – С. 639–645.
4. 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». – Семипалатинск, 2002. – Т. 1. – С. 141–147.
5. Добровольский, В.В. Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы / В.В. Добровольский // Почвоведение. – 1997. – № 4. – С. 431–441.
6. 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.
7. Виноградов, А.П. Среднее содержание элементов в земной коре / А.П. Виноградов // Геохимия. – 1962. – № 7. – С. 555–557.
8. Ахметова, Г.В. Содержание микроэлементов в почвообразующих породах и лесных почвах озерно-ледниковых равнин среднетаежной Карелии / Г.В. Ахметова // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2008. – № 2. – С. 16–21.
9. Федорец, Н.Г. Почвы Карелии: геохимический атлас / Н.Г. Федорец, О.Н. Бахмет, А.Н. Солодовников и др. – М.: Наука, 2008. – 47 с.
10. Rawling B.G., Lister T.R., Mackenzie A.C. Trace metal pollution of soils in northern England // Environmental geology. 2002. V.42. P.612–620.