

НАТАЛИЯ ГЛЕБОВНА ФЕДОРЕЦ

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

ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА БАХМЕТ

кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории лесного почвоведения, Институт леса Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
obahmet@mail.ru

ЮЛИЯ НИКОЛАЕВНА ТКАЧЕНКО

ведущий почвовед лаборатории лесного почвоведения, Институт леса Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
tkachenko.76@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА АВТОМОРФНЫХ ПОЧВ СЕВЕРО- И СРЕДНЕТАЕЖНОЙ ПОДЗОН КАРЕЛИИ

Рассматриваются особенности гранулометрического состава автоморфных почв северо- и среднетаежной подзон Карелии. На большом экспериментальном материале показано содержание фракций песка, пыли, ила и физической глины в генетических горизонтах лесных почв сосновых и еловых лесов. Выявлены особенности распределения в усредненном профиле автоморфных почв совокупности частиц различного размера. На основании статистической обработки данных с использованием критерия Стьюдента выявлена достоверность различий в содержании различных гранулометрических фракций в почвенных горизонтах в зональном аспекте.

Ключевые слова: почва, горизонт, гранулометрический состав, физическая глина, песок, пыль, ил, материнская порода, критерий Стьюдента

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при большом интересе к проблеме сохранения почв как незаменимого компонента биосфера разработка представлений о почвообразовательных процессах особенно актуальна. Более того, новые подходы к оценке почвообразовательных процессов отдельных регионов недостаточно разработаны и не вполне отвечают современным требованиям, подразумевающим оперативное получение и предоставление объективной экологической информации пользователю. Четыре основные задачи почвоведения в XXI веке должны акцентировать внимание на изучении почв в пространстве и времени, почвенных свойств и процессов, оптимальных методов использования почв, природоохранных аспектах почвоведения на местном, региональном и глобальном уровнях [1]. Установление особенностей современных процессов почвообразования и формирования почвенного плодородия в северо- и среднетаежных подзонах Карелии, оценка экологического состояния лесных почв фоновых и урбанизированных территорий необходимы для разработки мероприятий по рациональному использованию и охране почвенных ресурсов.

Коллектив лаборатории лесного почвоведения Института леса КарНЦ РАН на протяжении многих лет проводит экспериментальные исследова-

ния почвообразования на Северо-Западе России, исследованы особенности строения почвенного покрова данной территории, собран большой материал по составу, статическим и динамическим свойствам почв.

Установление закономерностей почвообразования и выветривания на различных почвообразующих породах продолжает оставаться одной из точек роста современного генетико-географического почвоведения и представляет интерес для понимания глобальных закономерностей распространения процессов, идущих в педосфере, а также биологических и биогеохимических процессов, в том числе имеющих прикладное значение [3].

Почвообразующие породы в процессе почвообразования претерпевают существенные изменения: происходит трансформация минеральных частиц, накапливается органическое вещество (гумус). Минералогический и химический состав почвообразующих пород определяет особенности почвообразования: скорость и интенсивность трансформации минеральной массы, вынос или накопление подвижных форм химических элементов, взаимодействие их с органическими кислотами и формирование почвенного профиля, обладающего определенным уровнем плодородия. Решающую роль на первичном этапе поч-

вообразования в трансформации минеральной массы играют гидротермические условия, под воздействием которых идет физическое разрушение и измельчение горных пород и рыхлых отложений.

Запасы элементов минерального питания в почвах зависят от соотношения интенсивности процессов их образования и скорости использования растениями. В свою очередь, интенсивность процессов их образования зависит от факторов почвообразования: состава материнской породы, расположения почвы в рельефе, от климатических особенностей и живых организмов. Воздействие климата на процессы почвообразования может быть прямым (количество осадков, температура) и опосредованным, то есть через воздействие на живые организмы.

В настоящее время исследованиям процесса массообмена между компонентами природной среды посвящено значительное число исследований как в нашей стране, так и за рубежом, что свидетельствует об их актуальности [2], [6], [8], [9], [10].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

В соответствии с различием климатических условий А. А. Романов [7] на территории Карелии выделяет следующие климатические зоны: северную, среднюю, южную и юго-западную. Однако особенности почвообразования обусловлены не только биоклиматическими, но и геоморфологическими условиями. Для Карелии в целом характерно широкое распространение грубых песчаных и супесчаных отложений и грубых скелетных пород, слабо затронутых процессами химического выветривания. Состав минералов, входящих в почвообразующие породы, довольно разнообразен.

По сочетанию природных условий и характеру почвообразования на территории Карелии А. И. Марченко [4] выделил две почвенные зоны: а) северную (северная и средняя климатические) и б) южную (южная и юго-западная). Граница между ними проходит около 63° с. ш. и в целом соответствует современной условной границе между северной и среднетаежной подзонами.

Северная почвенная зона отличается неблагоприятными климатическими условиями, а также значительной пестротой форм рельефа, грубым и сравнительно однообразным гранулометрическим составом почвообразующих пород. Для этой территории республики характерны частые выходы на дневную поверхность кристаллических пород, достигающих в отдельных случаях 600 м над уровнем моря. Малая мощность толщи покрывающих их рыхлых отложений обуславливает малую мощность почвенного профиля. Наряду с песчаными подзолами, составляющими основной фон, значительны площади гидроморфных

почв. Средняя глубина промерзания песчаных и супесчаных почв 50–70, суглинистых 45–60 см. Почва продолжительное время находится в мерзлом состоянии. Оттаивание почвы происходит медленно и продолжается до июня. Частые зимние оттепели, замерзание и оттаивание почв, а также суточные перепады температур способствуют физическому выветриванию, особенно в поверхностных горизонтах. Низкие температуры тормозят химическое выветривание и приводят к замедленному разложению растительного опада. В связи с этим здесь формируются почвы с укороченным профилем и мощной лесной подстилкой, продуцирующей большое количество кислых органических веществ, которые способствуют формированию мощных подзолистого и иллювиально-гумусового горизонтов. Здесь же происходит медленный распад растительных остатков и быстрое промывание продуктов распада органического вещества, которые оседают в нижележащих горизонтах. Кроме общих зональных закономерностей в структуре почвенного покрова четко прослеживается влияние рельефа территории. На вершинах песчаных холмов и гряд преобладают подзолы иллювиально-железистые песчаные, а на склонах песчаные подзолы с иллювиально-гумусово-железистым иллювиальным горизонтом. На хорошо дренированных песчаных равнинах распространены песчаные поверхностно-подзолистые почвы. Понижения рельефа заняты болотами и полугидроморфными и гидроморфными почвами. В северотаежной подзоне на древнеморских или озерных террасах, сложенных глинами, распространены глееподзолистые почвы.

Резкой смены строения почвенного покрова при переходе к среднетаежной подзоне на территории Карелии не происходит, однако почвенный покров становится более сложным. Это объясняется широким распространением возвышенностей и плоских озерно-ледниковых равнин, а также сменой почвообразующих пород, хотя в основном также преобладают водно-ледниковые отложения. В почвенном покрове среднетаежной подзоны подзолистые почвы занимают 2/3 территории. Среди подзолистых почв наиболее распространены подзолы иллювиально-железистые и иллювиально-гумусово-железистые. Для южной части среднетаежной подзоны характерно широкое распространение грубогумусных буровоземов, формирование которых связано с богатством некоторых почвообразующих пород соединениями железа, кальция и магния. Для Карелии буровоземы являются азональными почвами. В среднетаежной подзоне (южная и юго-западная климатические зоны) в связи с лучшими климатическими условиями и большей испаряемостью автоморфные почвы занимают значительно большие площади, чем в северной тайге, а болотно-подзолистые и болотные – поч-

ти в 2 раза меньшие площади. Песчаные подзоны в среднетаежной подзоне Карелии относятся к группе почв с длительным сезонным промерзанием. Среднегодовая температура на глубине 0,2 м равна +5,7 °С. Максимальное промерзание не превышает глубины 1 м, минимальная температура –4 °С. Почва в мерзлом состоянии находится 4–5 месяцев. Изменение температуры от 0 до +10 °С на глубине 0,2 м происходит в течение 1–1,5 месяца, с конца апреля до середины июня, а на глубине 1 м – 3–4 месяца, с мая по август. Глубина прогревания почвы до +10 °С составляет 1 м [5].

Несмотря на значительную информацию о почвах и почвенном покрове северотаежной и среднетаежной подзон Карелии, целесообразным является проведение глубокого анализа особенностей почвообразования на основе проведенных оригинальных исследований.

Цель исследований – провести сравнительный анализ гранулометрического состава автоморфных почв близкой таксономической принадлежности северо- и среднетаежной подзон Карелии.

Для сравнения гранулометрического состава автоморфных почв северо- и среднетаежной подзон данные были получены при выполнении проекта «ICP Forests» (2010–2012 годы) на 100 пробных площадях, охватывающих всю территорию Карелии. В северотаежной подзоне было заложено 42, а на территории среднетаежной – 37 почвенных разрезов. Описанные почвы – подзолы иллювиально-железистые, иллювиально-гумусово-железистые и иллювиально-железистогумусовые, подбуры, а в среднетаежной подзоне и буровозмы, оподзоленные под сосновыми и еловыми лесами.

Определение гранулометрического состава почвы проводили при помощи универсального лазерного дифракционного анализатора размера частиц SALD-201V фирмы SHIMADZU (Япония). Полученные количественные показатели сопоставлены и статистически обработаны при помощи статистических программ Microsoft Excel 2003, Statistica 6. Проведены расчеты среднегарифметических значений содержания гранулометрических фракций, пределов их колебания, стандартного отклонения, коэффициентов вариации. С помощью критерия Стьюдента определена существенность различий между определенными параметрами почв в северо- и среднетаежной подзонах Карелии.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Известно, что отдельные гранулометрические фракции почвы отличаются по минералогическому и химическому составу. От гранулометрического состава, как известно, зависят физические, физико-химические и химические свойства почв. Содержание в почвах железа, кальция, магния,

калия, натрия и других элементов питания, которые входят только в минеральную часть почвы, а в некоторой степени и фосфора, находящегося как в минеральной, так и органической частях почвы, определяется, главным образом, ее гранулометрическим составом. Преобладание песчаной фракции, состоящей в основном из кварца, и низкое количество илистых фракций изначально свидетельствуют о низком содержании питательных элементов.

Общая закономерность, отражающая изменение содержания большинства химических элементов в почвах в зависимости от дисперсности гранулометрических фракций, заключается в том, что, кроме большого содержания питательных элементов, мелкодисперсные фракции обусловливают адсорбционные процессы в почве и ее поглотительную способность.

Сопряженное изучение гранулометрического состава генетических горизонтов почв северо- и среднетаежной подзон Карелии позволило выявить как различия, так и общие черты важнейшего почвенного показателя в географическом аспекте.

Определение гранулометрического состава в подподстилочных горизонтах A2 (A1A2, A2B, A1B) автоморфных почв сосновых и еловых лесов северо- и среднетаежной подзон Карелии показало, что среднее арифметическое содержание песка, пыли, ила и физической глины в подзолистом горизонте почв северотаежной подзоны составляло соответственно: 83,2; 12,4; 0,60; 3,7 %, а в среднетаежной: 83,6; 13,3; 0,56; 4,8 % (табл. 1). Однако различия полученных данных оказались статистически недостоверными (табл. 2).

Результаты статистического анализа накопления различных гранулометрических фракций в иллювиальном горизонте B (Bf, Bfh, Bhf) свидетельствуют, что средние арифметические показатели содержания песка и ила составляют соответственно для северотаежной подзоны: 88,6 и 0,51 %, для среднетаежной – 83,9 и 0,60 %. Однако различия в показателях северной и средней тайги оказались незначимыми. Среднее содержание пыли в почвах нормального увлажнения северотаежной подзоны составляет 11,5 %; физической глины – 2,1 %. В среднетаежной эти показатели выше – пыли 15,5 %; физической глины – 4,5 % (см. табл. 1). Проведенный анализ с использованием критерия Стьюдента показал, что при уровне значимости 95 % статистически достоверны различия в содержании фракции пыли и физической глины в почвенном горизонте B северо- и среднетаежной подзон (табл. 3).

Результаты статистического анализа количественных показателей гранулометрических фракций в материнской породе C (BC) свидетельствуют, что среднее арифметическое содержание песка, пыли, ила и физической глины в горизонте C (BC) почв в сосновых и еловых лесах среднетаежной

Таблица 1

Статистические показатели содержания гранулометрических фракций в горизонтах почв сосновых и еловых лесов северо- и среднетаежной подзон Карелии

Показатель	Горизонт почвы	Крупный и средний песок	Мелкий песок	Пыль	Ил	Физическая глина
		1–0,25	0,25–0,05	0,05–0,001	<0,001	>0,01
		%				
Северотаежная подзона, n = 42						
Среднее арифметическое	A2*	38,4 ± 13,9	44,8 ± 9,9	12,4 ± 5,5	0,60 ± 0,18	3,7 ± 1,85
	B**	39,4 ± 16,7	49,2 ± 14,1	11,6 ± 6,4	0,51 ± 0,17	2,1 ± 1,2
	C	34,2 ± 21,2	43,8 ± 17,4	20,5 ± 12,6	0,70 ± 0,31	5,5 ± 3,6
Коэффициент вариации	A2*	0,36	0,22	0,44	0,30	0,51
	B**	0,43	0,29	0,55	0,33	0,57
	C	0,62	0,40	0,61	0,45	0,66
Среднетаежная подзона, n = 37						
Среднее арифметическое	A2*	34,9 ± 15,8	48,7 ± 13,7	13,3 ± 14,8	0,56 ± 0,26	4,8 ± 4,5
	B**	37,9 ± 20,2	45,9 ± 16,1	15,5 ± 9,4	0,60 ± 0,26	4,5 ± 4,0
	C	38,3 ± 24,7	43,6 ± 17,7	17,7 ± 13,4	0,67 ± 0,40	5,9 ± 6,3
Коэффициент вариации	A2*	0,45	0,28	1,11	0,47	0,94
	B**	0,53	0,35	0,61	0,44	0,90
	C	0,65	0,41	0,76	0,60	1,06

Примечание. * – 10 см слой подподстилочного горизонта (A2, A1A2, A2B, A1B). ** – Bf, Bfh, Bhf.

Таблица 2

Оценка достоверности различий содержания гранулометрических фракций в подподстилочном горизонте автоморфных почв сосновых и еловых лесов северо- и среднетаежной подзон Карелии, %

Показатель	Крупный и средний песок	Мелкий песок	Пыль	Ил	Физическая глина
	1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,001 мм	<0,001 мм	>0,01 мм
Стандартная средняя ошибка средних арифметических, <i>t</i>	3,30	2,63	2,41	0,05	0,76
Средняя ошибка разности, <i>t</i>	1,11	1,38	0,94	0,00	1,41
Число степеней свободы, <i>f</i>	79	79	79	78	79
t-критерий (Стьюдента) табл. для (P≤0,01)	2,65	2,65	2,65	2,65	2,65
t-критерий (Стьюдента) табл. для (P≤0,05)	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
Значимость различий	незначимы				

Таблица 3

Оценка достоверности различий содержания гранулометрических фракций в горизонте В автоморфных почв сосновых и еловых лесов северо- и среднетаежной подзон Карелии, %

Показатель	Крупный и средний песок	Мелкий песок	Пыль	Ил	Физическая глина
	1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,001 мм	<0,001 мм	>0,01 мм
Стандартная средняя ошибка средних арифметических, <i>t</i>	4,12	3,04	1,79	0,05	0,66
Средняя ошибка разности, <i>t</i>	0,21	0,80	2,03	1,67	2,74
Число степеней свободы, <i>f</i>	77	77	77	77	77
t-критерий (Стьюдента) табл. для (P≤0,05)	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
Значимость различий	незначимы		значимы, при уровне ошибки не более 5 %	незначимы	значимы, при уровне ошибки не более 5 %

и северотаежной подзон близки между собой и составляют соответственно: в северной тайге – 77,4; 20,5; 0,7; 5,5 %, в среднетаежной подзоне – 81,9; 17,7; 0,67; 5,9 % (см. табл. 1). В связи с вышесказанным различия в содержании гранулометрических фракций оказались незначимыми (табл. 4).

Проведенные исследования гранулометрического состава автоморфных почв северо- и среднетаежной подзон показали, что исследованные подзолы близки по содержанию песчаной фракции, однако характер ее распределения по профилю различается. В северотаежной подзо-

Таблица 4

Оценка достоверности различий содержания гранулометрических фракций в горизонте С автоморфных почв сосновых лесов северо- и среднетаежной подзон Карелии, %

Показатель	Крупный и средний песок	Мелкий песок	Пыль	Ил	Физическая глина
	1–0,25 мм	0,25–0,05 мм	0,05–0,001 мм	<0,001 мм	>0,01 мм
Стандартная средняя ошибка средних арифметических, t	5,16	3,96	2,88	0,08	1,15
Средняя ошибка разности, t	0,86	0,04	0,99	0,43	0,32
Число степеней свободы, f	77	77	77	77	77
t-критерий (Стьюдента) табл. для ($P \leq 0,01$)	2,64	2,64	2,64	2,64	2,64
t-критерий (Стьюдента) табл. для ($P \leq 0,05$)	1,99	1,99	1,99	1,99	1,99
Значимость различий					незначимы

не количество песчаной фракции по профилю уменьшается с глубиной от 83,2 до 77,4 %, составляя максимум в иллювиальном горизонте (88,6 %). В среднетаежной подзоне количество песка плавно уменьшается вниз по профилю от 83,6 до 81,9 %.

Характер распределения по профилю почв северной тайги фракции пыли отличается от распределения фракции песка, количество ее увеличивается с глубиной от 12,4 до 20 % при минимуме в иллювиальном горизонте (11,5 %). В почвах среднетаежной подзоны содержание этой фракции плавно увеличивается с глубиной от 13,3 до 17,7 %.

Незначительные различия прослеживаются по содержанию илистой фракции, количество которой колеблется по профилю всех исследованных почв в северотаежной подзоне от 0,60 до 0,70 % при наименьших показателях (0,51 %) в иллювиальном горизонте. В аналогичных почвах в средней тайге эти величины составляют 0,56–0,67 % с постепенным снижением с глубиной.

Что касается суммарной фракции физической глины, то характер ее распределения по почвенным профилям в северной и средней тайге аналогичен распределению мелкодисперсных фракций, а именно – в северной тайге отмечается увеличение вниз по профилю от 3,7 до 5,5 % с минимумом в горизонте В, в то время как в почвах среднетаежной подзоны отмечено плавное увеличение содержания физической глины с глубиной от 4,8 до 5,9 %.

Таким образом, в почвах северотаежной подзоны выявлено более высокое содержание фрак-

ции песка в иллювиальном горизонте В и меньшее по сравнению с элювиальным горизонтом количество мелкодисперсных фракций. В почвах средней тайги происходит уменьшение содержания мелких фракций в элювиальных горизонтах и накопление их в иллювиальных. Данный характер распределения частиц свидетельствует о более ярком проявлении процессов подзолообразования в почвах на территории среднетаежной подзоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование гранулометрического состава подподстилочного горизонта (A2, A1A2, A2B, A1B) и материнской породы (горизонты ВС и С) автоморфных почв сосновых и еловых лесов и статистическая обработка данных с использованием критерия Стьюдента показали, что при уровне значимости 95 % различия в содержании песка, пыли, ила и физической глины в указанных горизонтах почв северо- и среднетаежной подзон статистически недостоверны.

Статистически достоверны различия в содержании фракции пыли и физической глины в почвенном горизонте В северо- и среднетаежной подзон с преобладанием в почвах средней тайги.

На основании распределения гранулометрических фракций в профиле почв установлено, что процесс подзолообразования более отчетливо проявляется в условиях среднетаежной подзоны.

В целом можно отметить близкий гранулометрический состав автоморфных почв на территориях северо- и среднетаежной подзон Карелии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Блюм В. Почвы XXI века // Материалы III съезда Докучаевского общества почвоведов Российской академии наук. Сузdalь, 2000. С. 15.
- Зубкова Т. А., Карпачевский Л. О. Матричная организация почв. М.: Русаки, 2001. 295 с.
- Лебедева И. И., Овчинин С. В., Королюк Т. В., Герасимова М. И. Почвенно-генетическое районирование: принципы, задачи, структура, приложение // Почвоведение. 2012 № 7. С. 715–727.
- Марченко А. И. Почвы Карелии. М.; Л., 1962. 310 с.
- Морозова Р. М. Лесные почвы Карелии. Л.: Наука, 1991. 184 с.
- Перевезев В. Н. Генетические особенности почв на отсортированных песчаных породах разного происхождения (Кольский полуостров) // Почвоведение. 2009. № 9. С. 1052–1060.

7. Романов А. А. О климате Карелии. Петрозаводск: Госиздат КАССР, 1961. 140 с.
8. Сысо А. И. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. 274 с.
9. Bowen H. J. M. Environmental chemistry of the Elements. London; N. Y.: Acad. Press., 1979. 333 p.
10. Waring R. H., Schlesinger W. H. Forest ecosystems. Concept and management. N. Y.: Acad. Press., 1985.

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

Bakhmet O. N., Forest Research Institute, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

Tkachenko Yu. N., Forest Research Institute, Karelian Research Centre of RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

PARTICLE SIZE COMPOSITION FEATURES OF AUTOMORPHIC SOILS IN NORTH- AND MID-TAIGA SUBZONES OF KARELIA

Characteristic features of the particle size composition of automorphic soils in the north- and mid-taiga subzones of Karelia are considered. The content of sand, silt, and clay in the genetic horizon of forest soils in pine and spruce forests is reported based on the vast experimental material. Distribution patterns of the set of particles of varying size across the averaged automorphic soil profile were identified. The data were processed statistically with the use of Student's t-test. The zonal differences in the content of different grain size fractions in soil horizons were found to be reliable.

Key words: soil, horizon, particles'composition, physical clay, sand, silt, parent rock, Student's t-test

REFERENCES

1. Бlyum V. Soils in XXI century [Pochvy XXI veka]. *Materialy III s'ezda Dokuchaevskogo obshchestva pochvovedov Rossiskoy akademii nauk* [Proc. III Congress of Soil Scientists]. Suzdal, 2001. P. 15.
2. Zubkova T. A., Karapachevskiy L. O. *Matrixnaya organizatsiya pochv* [Matrix organization of soil]. Moscow, Rusaki Publ., 2001. 295 p.
3. Lebedeva I. I., Ovechkin S. V., Korolyuk T. V., Gerasimova M. I. Soil-genetic zoning: principles, objectives, structure, application [Pochvenno-geneticheskoe rayonirovaniye: printsipy, zadachi, struktura, prilozhenie]. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2012. № 7. P. 715–727.
4. Marchenko A. I. *Pochvy Karelii* [Soils of Karelia]. Moscow; Leningrad, 1962. 310 p.
5. Morozova R. M. *Lesnye pochvy Karelii* [Forest soils of Karelia]. Leningrad, Nauka Publ., 1991. 184 p.
6. Pereverzev V. N. Genetic features of soils on the sorted sandy sediments of different origin (Kola peninsula) [Geneticheskie osobennosti pochv na otsortirovannykh peschanykh porodakh raznogo proiskhozhdeniya (Kolskiy poluostrov)]. *Eurasian Journal of Soil Science*. 2009. № 9. P. 1052–1060.
7. Sysko A. I. *Zakonomernosti raspredeleniya khimicheskikh elementov v pochvoobrazuyushchikh porodakh i pochvakh Zapadnoy Sibiri* [Patterns of chemical elements' distribution in the soil-forming rocks and soils of Western Siberia]. Novosibirsk, Izd-vo SO RAN, 2007. 274 p.
8. Romanov A. A. *O climate Karelii* [About climate of Karelia]. Petrozavodsk, Gosizdat KASSR Publ., 1961. 140 p.
9. Bowen H. J. M. Environmental chemistry of the Elements. London; N. Y.: Acad. Press., 1979. 333 p.
10. Waring R. H., Schlesinger W. H. Forest ecosystems. Concept and management. N. Y.: Acad. Press., 1985.

Поступила в редакцию 21.07.2014