

ВЕРОНИКА АНДРЕЕВНА ВДОВИЧЕНКО

аспирант, Институт леса Карельского научного центра РАН (Петрозаводск, Российская Федерация)
veronikavdovichenko@gmail.com

ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА БАХМЕТ

доктор 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

НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ НА КОРЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ ПОСЛЕ РУБОК СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ*

Несмотря на значительное количество работ, посвященных генезису почв вырубок в условиях среднетаежной подзоны, они практически не содержат сведений о почвах, сформировавшихся на коренных горных породах. В связи с этим целью работы являлось изучение трансформации таких почв в результате проведения сплошных концентрированных рубок сосновых древостоев в Карелии. Объектами исследования послужили подбуры вырубок 3 и 9 лет, пробная площадь в не нарушенном рубками сосняке черничном являлась контролем. Установлено, что на начальных стадиях естественного лесовосстановления появление листовых пород приводит к изменению морфологического строения почвенного профиля и химических характеристик почвы. С увеличением возраста вырубок происходит постепенное увеличение мощности лесной подстилки за счет возросшего количества листового опада, поступающего на поверхность почвы. В процессе восстановления почв снижается кислотность, возрастает содержание общего азота, сужается отношение C/N, происходит интенсивная минерализация органического вещества. В почвенном профиле в результате активной трансформации органического опада на 3-летней вырубке формируется горизонт ОА, а к 9 годам – гумусовый горизонт А. С увеличением периода после антропогенного воздействия увеличиваются и запасы органического вещества как в верхнем органогенном горизонте, так и в 30-сантиметровом корнеобитаемом слое (8 и 43 т/га на 3-летней и 9-летней вырубках соответственно). Однако в первые годы после проведения рубок они остаются в 2–3 раза ниже по сравнению с контролем. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования лесоэкологических характеристик почв при проведении сплошных рубок.

Ключевые слова: сплошные рубки, естественное лесовосстановление, подбуры, физико-химические свойства, органическое вещество, лесные подстилки

Общая площадь лесного фонда Карелии, по данным Государственного учета лесного фонда, составляет около 14,8 млн га, из них 10,4 млн га занимают эксплуатационные леса (71,7 %). На территории Карелии за вторую половину XX века вырублено порядка 6 млн га лесов, что составляет около 2/3 покрытой лесом площади [3]. Проведение мероприятий по заготовке древесины, особенно сплошных рубок древостоев, влечет за собой нарушение пространственной структуры лесных биоценозов и, как следствие, приводит к нарушению естественного функционирования экосистем. Отсутствие барьера в виде древесного полога ведет к изменению микроклиматических условий среды: увеличению освещенности, повышению температуры, уменьшению влажности воздуха и почвы, что изменяет физико-химические и морфологические свойства почв.

Изучению свойств почв вырубок из-под хвойных древостоев в условиях среднетаежной подзоны посвящено значительное количество работ, где авторы отмечают изменение различных параметров, влияющих на процессы почвообразования, а также дают характеристику физических и химических свойств почв [4], [13], [15]. В ряде работ отдельное внимание уделяется вопросам влияния рубок на запасы и состав органического вещества почв [6], [8], [11], [12], [14]. Опубликована информация об изменении свойств почв вырубок как при естественном, так и при искусственном лесовосстановлении [2], [5]. Однако практически отсутствуют сведения о влиянии рубок древостоев на почвы, сформировавшиеся на элювии коренных горных пород. В связи с этим целью данной работы являлось исследование трансформации почв, сформировавшихся на

коренных горных породах, в результате проведения сплошных рубок древостоев.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в среднетаежной подзоне Карелии на территории Кончезерского лесничества. Для изучения восстановления почв после рубок древостоев подбирали пробные площади с учетом однородности лесорастительных условий, включая особенности рельефа, почвообразующих пород, гидрологического режима почв и др.

Контрольная пробная площадь закладывалась в примыкающем к исследуемым вырубкам сосняке черничном II, 5 класса бонитета с небольшой примесью березы и осины (7С2Ос1Б). Возраст соснового древостоя – 150 лет, средняя высота – 25,9 м, средний диаметр – 31,7 см, количество стволов – 200 шт./га, запас – 184,0 м³. На второй пробной площади на месте сосняка черничного через три года после рубки главного пользования сформировалась вейниковая вырубка, имеющая следующий породный состав: 6Ос4Б+С, Е, Ив (табл. 1). На третьей пробной площади, заложенной на 9-летней вырубке, сформировался лиственный молодняк (6Б2Ос2Ив+С, Е, Ол).

В наиболее типичных участках каждой пробной площади закладывались полнопрофильные почвенные разрезы, проводилось их детальное морфологическое описание. Из каждого генетического горизонта почв отбирались образцы для проведения физико-химического анализа. В связи с тем что лесные почвы, как правило, отличаются высокой пространственной вариабельностью свойств, отбор образцов производили из органо-генных горизонтов в 7-кратной повторности, минеральных – в 4-кратной.

В почвенных образцах определялись следующие показатели: рН_{сол}, общее содержание углерода и азота, в органо-генных горизонтах – потеря при прокаливании. Для каждого генетического горизонта почв и почвенного профиля в целом рассчитывались запасы органического вещества. Изучение физико-химических показателей почв проводилось по общепринятым методикам [1].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По Классификации почв России [7], почвы пробных площадей отнесены к подбурам оподзоленным, сформировавшимся на элювии коренных горных пород. Исследованные почвы под ненарушенным сосновым древостоем в целом характерны для подобных биогеоценозов, хотя и имеют ограниченное распространение на территории Карелии [9], [10]. Лесная подстилка на контрольной пробной площади представляла собой органический материал (хвоя, листья, ветки, шишки, фрагментированные части коры, мхи, измельченные растительные остатки) разной степени разложения. Мощность органо-генного горизонта значительно варьировала и составляла

Таблица 1
Таксационная характеристика вырубок

Тип	Возраст, лет	Состав	Порода	Густота, тыс. шт./га	Н _{ср} , м	Встречаемость, %
Вейниковая	3	6Ос4Б+С, Е, Ив	сосна	0,8	0,20	4
			ель	0,4	0,40	4
			береза	15,2	0,38	44
			осина	26,0	1,09	60
			ива	0,4	2,50	4
Лиственный молодняк	9	6Б2Ос2Ив+С, Е, Ол	сосна	1,0	1,50	20
			ель	1,0	0,50	20
			береза	24,5	3,29	90
			осина	10,0	2,76	80
			ольха	0,5	3,50	10
			ива	8,0	2,43	80

6–12 см у стволов деревьев, 4–7 см под кронами и 1,5–3 см в «окнах» между деревьями (рис. 1). На всех участках лесная подстилка разделялась по степени разложения растительных остатков на подгоризонты ОЛ и ОЛ+ОН.

В верхней части профиля почвы контрольной пробной площади наблюдались черты оподзоливания, под лесной подстилкой (О) выделен переходный горизонт ОЕ, сменяющийся минеральной толщей, основу которой составляет элювий габбро-диабазов.

На пробных площадях вырубок после проведения лесозаготовительных работ произошли резкие изменения живого напочвенного покрова, практически полностью содрана лесная подстилка, значительно трансформированы верхние почвенные горизонты. Изменившиеся условия среды способствовали интенсивному зарастанию вырубков травяной растительностью, представленной преимущественно вейником и луговиком, в процессе естественного лесовозобновления произошло заселение лиственных пород – березы и осины. На месте содранной лесной подстилки фрагментарно появился новый органо-генный горизонт, представляющий собой недифференцируемый на подгоризонты слой растительных остатков. На 3-летней вырубке его мощность в среднем составляла 0,5–1,5 см (рис. 2).

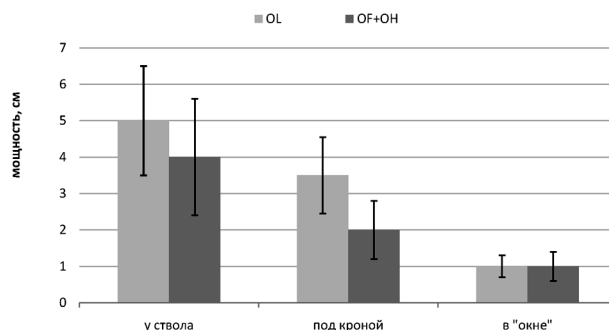


Рис. 1. Мощность лесной подстилки на контрольном участке

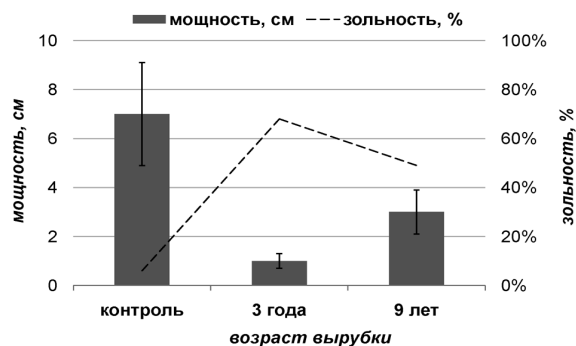


Рис. 2. Мощность и зольность лесных подстилок на пробных площадях

С увеличением возраста вырубок наблюдается смена напочвенных микроассоциаций с луговиковых на чернично-луговиковые и черничные, возрастает количество поступающего на поверхность почвы органического материала. На 9-летней вырубке мощность лесной подстилки значительно увеличилась – до 2,5–4 см, однако разделение ее на подгоризонты все еще не представляется возможным. Необходимо отметить, что, несмотря на преобладание в живом напочвенном покрове злаков, на начальных этапах восстановления почв после проведения сплошной рубки древостоев сплошного задержания участков не произошло.

Значительные нарушения почвенного покрова лесозаготовительной техникой привели к существенному повышению по сравнению с контролем зольности органических горизонтов почв пробных площадей. На 3-летней вырубке она составляла 58 %, на 9-летней – 49 %, в то время как на контрольном участке в подгоризонте OL лесной подстилки содержание минеральных примесей составляло 4 %, в OF+OH – 7 %.

В верхнем органогенном горизонте 3-летней вырубки в результате активной минерализации оставшегося органического вещества снизилось содержание органического углерода (35,1 %) по сравнению с контролем, где значения данного показателя составляли 38,7 % в подгоризонте OL и 40,2 % – в OF+OH (табл. 2). В связи с появлением травянистой растительности количество азота после рубки древостоя, напротив, несколько увеличилось. В целом условия для разложения органического вещества в почве спустя 3 года после вырубки леса улучшились, о чем свидетельствует отношение C/N в верхней части профиля. По достижении вырубок 9-летнего возраста и увеличении опада напочвенного покрова и листовых пород деревьев значение этого показателя сужается до 20 %, что указывает на оптимальные условия для гумификации растительных остатков.

Изменение качественного и количественного состава поступающего в почву растительного материала приводит к изменению кислотности почвы. Лесная подстилка контрольной пробной площади отличается значительной кислотностью

Таблица 2
Химические свойства почв пробных площадей

Объект исследования	Горизонт	Мощность горизонта	pH _{KCl}	Содержание, %		C/N
				C	N	
Контрольный участок	OL	0–3	3,85	38,65	1,44	27
	Of	3–4	2,93	40,23	1,35	30
	OE	4–7	3,05	16,81	0,74	23
	B1	7–15	3,05	2,40	0,15	16
	B2	15–28	3,32	1,26	0,08	16
	BC	28–39	3,65	0,74	0,05	14
3-летняя вырубка, вейниковая	O	0–0,5	4,06	35,12	1,53	23
	OA	0,5–1	3,52	8,90	0,56	16
	M	1–30	–	–	–	–
9-летняя вырубка, лиственный молодняк	O	0–3	4,55	17,44	0,88	20
	A	3–4	3,97	10,13	1,10	9
	AE	4–12	3,47	3,47	0,21	16
	B1	12–24	3,71	0,49	0,06	9
	B2	24–35	3,67	0,48	0,04	11
	B3	35–45	3,77	0,40	0,03	13
	BC	45–60	3,81	0,39	0,03	13
	C	60–76	3,7	0,39	0,03	13

(pH солевой вытяжки 2,9–3,8), низкие значения pH отмечаются и в минеральной толще (3,1–3,3). После рубки древостоев кислотность снижается как в верхнем органогенном горизонте (pH 4,1 на 3-летней вырубке и 4,6 на 9-летней соответственно), так и в нижележащих минеральных горизонтах (3,5 на вырубке 3 лет и 3,5–3,8 на вырубке 9 лет соответственно).

Более интенсивная по сравнению с контролем трансформация органического вещества в почвах вырубок привела к появлению в почвенном профиле на 3-летней вырубке переходного горизонта OA, а на пробной площади 9-летней вырубки – горизонта A, отличающихся узким соотношением C/N. Формирование таких горизонтов характерно для антропогенно нарушенных почв в отличие от почв ненарушенных древостоев.

Запасы органического вещества в верхнем органогенном горизонте и корнеобитаемом слое 0–30 см на 3-летней вырубке значительно меньше по сравнению с почвой на контрольном участке (рис. 3). Интенсивное накопление органического вещества как в верхней части профиля, так и в горизонте A способствовало увеличению запасов на вырубке спустя 9 лет после рубки древостоя, однако они остаются существенно меньше, чем в ненарушенном биогеоценозе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучение начальных этапов восстановления подбуров после проведения рубок древостоев показало, что наибольшей трансформации подверглись верхние органогенные горизонты: изменилось их морфологическое строение, а также

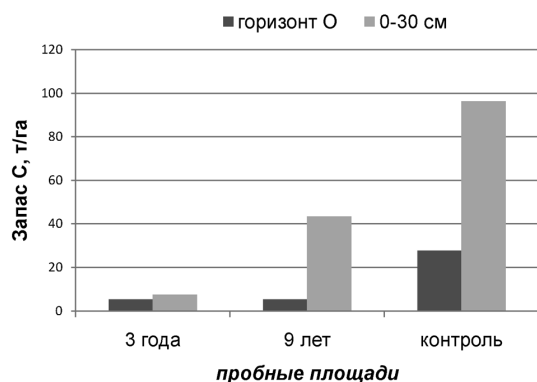


Рис. 3. Запасы органического вещества в почвах пробных площадей

химические показатели (рН, содержание углерода и азота). После воздействия лесозаготовительной техники лесная подстилка была практически полностью уничтожена, с увеличением возраста вырубки она появляется фрагментарно, постепенно увеличивается ее мощность. В процессе зарастания вырубок листовыми породами и травяной растительностью складываются благоприятные условия для разложения поступающего опада, увеличивается интенсивность минерализации органического вещества и миграция его вниз по профилю. В результате чего происходит накопление органического вещества в профиле почвы в целом и формируется гумусовый горизонт А.

* Представленный материал был получен при выполнении государственного задания ИЛ КарНЦ РАН (0220-2014-0006).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аринушкина Е. В. Руководство по химическому анализу почв. М.: Изд-во МГУ, 1975. 470 с.
2. Бахмет О. Н., Медведева М. В. Изменение свойств почв Карелии в процессе искусственного лесовосстановления // Лесоведение. 2013. № 3. С. 38–45.
3. Громцев А. Н. Основные экологические и хозяйственные последствия антропогенной трансформации лесов в условиях северо-запада таежной зоны России // Экологические проблемы северных регионов и пути их решения: Материалы V Всероссийской науч. конф. с междунар. участием: В 3 ч. Ч. 1. Апатиты: КНЦ РАН, 2014. С. 108–112.
4. Дымов А. А., Лаптева Е. М. Трансформация подзолистых почв в процессе лесозаготовки // Стационарные лесозащитные методы исследования: методы, итоги, перспективы: Материалы междунар. конф. Сыктывкар, 2003. С. 54–56.
5. Дымов А. А., Каверин Д. А. Изменение напочвенного покрова и морфологических свойств почвенных вырубок в процессе естественного лесовосстановления // Экологические функции лесных почв в естественных и антропогенно нарушенных ландшафтах: Материалы междунар. конф. Петрозаводск, 2005. С. 243–244.
6. Дымов А. А., Лаптева Е. М., Милановский Е. Ю. Изменения почв и почвенного органического вещества в процессе естественного лесовосстановления после рубки сосняка бруснично-зеленомошного // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2012. № 2. С. 48–52.
7. Классификация и диагностика почв России / Авт. и сост. Л. Л. Шишов, В. Д. Тонконогов, И. И. Лебедева, М. И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
8. Лаптева Е. М., Бондаренко Н. Н., Дымов А. А., Шамрикова Е. В., Кубик О. С., Пунегов В. В., Груздев И. В. Органическое вещество подзолистых почв и его изменение после рубок главного пользования // Наследие И. В. Тюрина в современных исследованиях почвоведения: Материалы междунар. науч. конф. Казань: Отечество, 2013. С. 109–111.
9. Морозова Р. М., Федорец Н. Г. Современные процессы почвообразования в хвойных лесах Карелии. Петрозаводск, 1992. 228 с.
10. Морозова Р. М., Федорец Н. Г. Земельные ресурсы Карелии и их охрана. Петрозаводск, 2004. С. 41–44.
11. Мухоморова Л. В., Ведрова Э. Ф. Влияние рубки на запасы органического вещества в лесных экосистемах // Продуктивность и устойчивость лесных почв: III Междунар. конф. по лесному почвоведению. Петрозаводск, 2009. С. 281–284.
12. Панов А. В. Структура и динамика органического вещества на вырубках в сосняках лишайниковых среднетаежной подзоны Приенисейской Сибири: Дис. ... канд. биол. наук. Красноярск, 2010. 143 с.
13. Телеснина В. М., Шахин Д. А. Влияние послеуборочных лесовосстановительных сукцессий на лесные почвы (на примере песчаных подзолов средней тайги Западной Сибири) // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение. 1999. № 2. С. 37–45.
14. Федорец Н. Г., Бахмет О. Н. Экологические особенности трансформации соединений углерода и азота в лесных почвах. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2003. 240 с.
15. Целищева Л. К., Строганова М. Н., Тощева Г. П. Диагностика процессов восстановления почв после вырубки леса // Дegradaция и восстановление лесных почв. М.: Наука, 1991. С. 125–131.

Vdovichenko V. A., Forestry Research Institute of Karelian Research Centre RAS (Petrozavodsk, Russian Federation)

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

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

EARLY STAGES OF SOIL RECOVERY ON ROCK FORMATIONS AFTER PINE STANDS' CLEAR-CUTTINGS

A significant amount of scientific papers devoted to the problem of soils' genesis under forest cuttings in conditions of the middle taiga zone is published. However, they do not contain enough information on the soils formed on bedrocks. In this regard, the aim of the work was to study the process of such soils' transformation resulting from pine stands' clear-cutting in Karelia. The undercuts

of 3- and 9-year-old cuttings of pine forests were the objects of the study. The sample area undisturbed by cuttings of pine stands located in blueberry forest was used as a controlling area. It was established that in the initial stages of natural reforestation the emergence of deciduous tree species resulted in the change of the soil's morphological structure and its chemical characteristics. With age, deforestation provides gradual increase of the forest floor capacity due to the enlarged amounts of deciduous litter entering the soil's surface. In the process of soil recovery its acidity decreases, the content of total nitrogen increases, narrowing the ratio C/N, and an intensive organic matter mineralization occurs. An active organic litter transformation on the 3-year old cuttings results in the development of an OA horizon, and in 9 years it leads to the formation of the humus horizon. After a prolonged period of rest following the anthropogenic impact reserves of the organic matter in the upper organogenic horizon increase. The reserves also become more ample in the 30 cm layer of the rooting zone (8 and 43 t/ha in 3-year-old and 9-year-old clear cuts, respectively). However, in the first years after logging, they remain 2–3 times lower in comparison with the controlled area. The obtained data can be used to predict essential characteristics of the soil upon clear-cut operations.

Key words: clear-cuttings, natural regeneration, bedrock, podburs, physico-chemical properties, organic matter, litter

REFERENCES

1. Arinushkina E. V. *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu pochv* [Handbook on Chemical Analysis of Soils]. Moscow, MGU Publ., 1975. 470 p.
2. Bakmet O. N., Medvedeva M. V. Variations in soil properties upon artificial reforestation in Karelia [Izmenenie svoystv pochv Karelii v protsesse iskusstvennogo lesovosstanovleniya]. *Lesovedenie*. 2013. № 3. P. 38–45.
3. Gromtsev A. N. The main environmental and economic consequences of anthropogenic transformation of the forests in the North-West taiga zone of Russia [Osnovnye ekologicheskie i khozyaystvennye posledstviya antropogennoy transformatsii lesov v usloviyakh severo-zapada taizhnoy zony Rossii]. *Materialy V Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem: V 3 ch. Ch. 1*. Apatity, KNTs RAN Publ., 2014. P. 108–112.
4. Dymov A. A., Lapteva E. M. Transformation of podzolic soil in forest exploitation process [Transformatsiya podzolistykh pochv v protsesse lesoeksploatatsii]. *Statsionarnye lesoekologicheskie metody issledovaniya: metody, itogi, perspektivy: Materialy mezhdunar. konf.* Syktyvkar, 2003. P. 54–56.
5. Dymov A. A., Kaverin D. A. The change of ground vegetation and morphological properties of the soil after cuttings in the process of natural reforestation [Izmenenie napochvennogo pokrova i morfologicheskikh svoystv pochvennykh vyrubok v protsesse estestvennogo lesovosstanovleniya]. *Ekologicheskie funktsii lesnykh pochv v estestvennykh i antropogenno narushennykh landshaftakh: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii*. Petrozavodsk, 2005. P. 243–244.
6. Dymov A. A., Lapteva E. M., Milanovskiy E. Yu. Changes of soils and soil organic matter in the process of natural reforestation after cuttings in pine trees cranberry-wet [Izmeneniya pochv i pochvennogo organicheskogo veshchestva v protsesse estestvennogo lesovozobnovleniya posle rubki sosnyaka brusnichno-zelenomoshnogo]. *Vestnik MGUL – Lesnoy vestnik*. 2012. № 2. P. 48–52.
7. *Klassifikatsiya i diagnostika pochv Rossii* [Classification and diagnostics of soils of Russia] / L. L. Shishov, V. D. Tonkonogov, I. I. Lebedeva, M. I. Gerasimova. Smolensk, Oykumena Publ., 2004. 342 p.
8. Lapteva E. M., Bondarenko N. N., Dymov A. A., Shamrikova E. V., Kubik O. S., Punegov V. V., Gruzdev I. V. Organic matter of podzolic soils and its change after cuttings [Organicheskoe veshchestvo podzolistykh pochv i ego izmenenie posle rubok glavnogo pol'zovaniya]. *Nasledie I. V. Tyurina v sovremennykh issledovaniyakh pochvovedeniya: Materialy mezhdunarodnoy konferentsii*. Kazan, Otechestvo Publ., 2013. P. 109–111.
9. Morozova R. M., Fedorets N. G. *Sovremennye protsessy pochvoobrazovaniya v khvoynykh lesakh Karelii* [Modern processes of soil formation in coniferous forests of Karelia]. Petrozavodsk, 1992. 228 p.
10. Morozova R. M., Fedorets N. G. *Zemel'nye resursy Karelii i ikh okhrana* [Land resources of Karelia and their protection]. Petrozavodsk, KarNTs RAN Publ., 2004. P. 41–44.
11. Mukhortova L. V., Vedrova E. F. The impact of logging on the stock of organic matter in forest ecosystems [Vliyaniye rubki na zapasy organicheskogo veshchestva v lesnykh ekosistemakh]. *Produktivnost' i ustoychivost' lesnykh pochv: III Mezhdunarodnaya konferentsiya po lesnomu pochvovedeniyu*. Petrozavodsk, 2009. P. 281–284.
12. Panov A. V. *Struktura i dinamika organicheskogo veshchestva na vyrubkakh v sosnyakakh lishaynikovyykh srednetaezhnoy podzony Prieniseyskoy Sibiri: Dis. ... kand. biol. nauk* [Structure and dynamics of organic matter in clearings in the lichen pine forests of middle taiga subzone of Yenisei Siberia]. Krasnoyarsk, 2010. 143 p.
13. Telesnina V. M., Shakhin D. A. Effect of reforestation successions after logging on forest soils (for example, sandy podzols middle taiga of Western Siberia) [Vliyaniye poslevyrubochnykh lesovosstanovitel'nykh suktsessiy na lesnye pochvy (na primere peschanykh podzolov sredney taygi Zapadnoy Sibiri)]. *Vestnik MGU. Ser. 17. Pochvovedenie*. 1999. № 2. P. 37–45.
14. Fedorets N. G., Bakmet O. N. *Ekologicheskie osobennosti transformatsii soedineniy ugleroda i azota v lesnykh pochvakh* [Ecological peculiarities of transformation of compounds of carbon and nitrogen in forest soils]. Petrozavodsk, KarNTs RAN Publ., 2003. 240 p.
15. Tselishcheva L. K., Stroganova M. N., Toshcheva G. P. Diagnosis of soil recovery processes after deforestation [Diagnostika protsessov vosstanovleniya pochv posle vyrubki lesa]. *Degradatsiya i vosstanovlenie lesnykh pochv*. Moscow, Nauka Publ., 1991. P. 125–131.

Поступила в редакцию 24.02.2016