

**Е.Н. Наквасина, А.В. Воеводкина, А.Г. Волков**

## **ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА В МОЛОДНЯКАХ НА СВОЙСТВА ПОЧВ ФОРМИРУЮЩИХСЯ НАСАЖДЕНИЙ**

*Введение.* Проведение рубок ухода в лесных насаждениях нацелено на улучшение породного состава, товарной структуры древостоя и на более полное использование потенциальной продуктивности насаждений. При разреживании древостоев увеличивается площадь питания оставшейся части насаждения, улучшается его снабжение питательными веществами и ускоряется рост, меняется распределение деревьев по естественным ступеням толщины, но в то же время замедляется процесс отмирания сучьев, происходит их утолщение [Георгиевский, 1957; Чибисов и др., 2004; Сеннов, 2012; Захаров, 2013]. Величина и направленность изменений зависят от различных параметров, однако в любом случае при уменьшении количества деревьев в насаждении происходят изменения не только в показателях древостоя, но и в среде формирующихся насаждений. К ним относятся: световой и тепловой режимы, количество поступающих под полог осадков, скорость ветра, испарение с поверхности почвы и др. Эти изменения наступают сразу после разреживания древостоя, независимо от способа и интенсивности рубки, которые, в свою очередь, влияют на величину изменений. В таежных лесах Европейского Севера главным экологическим фактором является тепло [Чибисов и др., 2004]. Его усиленное поступление на изреженных участках древостоя способствует удлинению периода активности камбия и увеличению частоты деления камбиальных клеток [Нефедова, Москалева, Чибисов, 1984].

Особенно заметно абиотические факторы меняются сразу после проведения изреживания древостоя. С возрастом, при смыкании крон, они несколько сглаживаются [Чибисов, Нефедова, 2007], но их влияние сказывается на почвенном покрове, на естественном возобновлении и на верхних горизонтах почвы [Сеннов, 1977, 1984, 1999; Ледяева, 2008; Закономерности функционирования..., 2014].

С.Н. Сеннов (1977, 1984) отмечал влияние рубок ухода в южной тайге на нижние ярусы биогеоценоза, констатировал наличие изменений в физи-

ко-химических свойствах верхних горизонтов почв, в частности, в мощности горизонтов  $A_0$  и  $A_1$ , содержании гумуса, реакции среды и др. Он подчеркивал, что данные тенденции не стоит упускать из виду, так как в определенных условиях они могут привести к устойчивым изменениям верхних горизонтов почвы, а затем и насаждения в целом.

При изучении влияния факторов среды на рост древостоев при проведении рубок ухода исследования в основном проводились на объектах с пасечной технологией с применением тяжелой техники [Бурова, Феклистов, 2007; Торбик, Феклистов, 2009; Левковская, Сарнацкий, 2013; Solgietal., 2015; Cambietal., 2015; Naghdietal., 2016; Дымов, 2017]. В доступной литературе недостаточно данных о влиянии рубок ухода в молодняках на верхние горизонты почвы взрослых, приспевающих и спелых насаждений.

Цель данного исследования – изучение влияния рубок ухода, проведенных в сосново-березовых молодняках, на свойства верхних горизонтов альфегумусовых почв в сформировавшихся приспевающих сосняках в северотаежном районе.

*Методика исследования.* Исследование проводилось на стационарных объектах, заложенных в 1959 г. Архангельским институтом леса и лесохимии (в настоящее время – Северный НИИ лесного хозяйства) в Северном участковом лесничестве Обозерского лесничества Архангельской области. Территория лесничества относится к северотаежному району европейской части России. В сосново-березовом молодняке (13 лет) чернично-брусничного типа леса с составом 6С4Б+Ос было заложено три варианта рубок ухода с различной выборкой по числу деревьев. Густота молодняка в исходном насаждении составляла 4,5 тыс. экз./га. Почва – подзол поверхностно-осветленный иллювиально-железистый песчаный на моренной супеси (О-Е-ВФ-С), относящийся к отделу альфегумусовых почв [Классификация и диагностика ..., 2004].

На одной части исходного насаждения (ПП 15) рубка ухода проводилась в два приема с интервалом 27 лет (в 13 и 40 лет), с интенсивностью выборки в первый прием 36% по числу деревьев, во второй прием 30% по запасу. В настоящее время число деревьев на ПП 15 составляет 837 экз./га. На других объектах (ПП 16 и ПП 17) рубки проведены в один прием, с интенсивностью изреживания 76 и 84% по числу стволов; в настоящее время густота насаждений составляет соответственно 894 и 596 экз./га. Контролем служила площадь, не пройденная рубками ухода.

Таблица 1

**Характеристика насаждений и таксационные показатели сосны на пробных площадях**

**Characteristics of stands and taxation indicators of pine in trial plots**

Номер ПП	Возраст насаждения в год рубки, лет	Состав древостоя по числу стволов, 2017 г.	Густота**, экз./га	Интенсивность вырубки по числу деревьев, %	Порода	Средние показатели		
						диаметр, см	высота, м	запас, м <sup>3</sup> /га
15	13/40*	100С	1600/850*	76/30*	С	1,4	2,5	374
			837			23,6	21,5	
16	13	100С	1040	76	С	1,5	2,2	329
			894			22,1	20,8	
17	13	100С	744	84	С	1,5	2,3	303
			596			25,6	20,5	
Контроль	13	77С23Б	4500	–	С	1,5	2,9	195
			1796			16,7	18,3	
			Б***		11,3	16,1	57	

\* Для ПП 15 дробью показан возраст насаждения в год рубки, число оставшихся деревьев и интенсивность вырубки в первый (по числу деревьев) и второй (по запасу) приемы рубки. \*\* В числителе (для контроля) – исходная густота, для объектов рубок ухода – густота после рубок ухода; в знаменателе – на год обследования (2017 г.); \*\*\* Данные по березе на год обследования.

Таксационные характеристики древостоев на пробных площадях приведены в табл. 1. Данные учета 2017 г. получены в ходе совместных исследований и предоставлены Н.С. Мининым и С.В. Коптевым.

В приспевающих насаждениях (72 года), пройденных рубками ухода, сохранили исходный чернично-брусничный тип леса, однако доля брусники в напочвенном покрове, по сравнению с контролем, выше. Под пологом сформированных сосновых насаждений так же, как и в контрольном насаждении, преобладает подрост ели, представленный, в основном, экземплярами мелкой и средней категориями крупности. В небольшом количестве появился подрост сосны, представленный самосевом, и, единично, подрост лиственницы. Подрост лиственных пород представлен осинкой и березой, причем береза в контрольном насаждении полностью отсутствует.

В сформировавшихся насаждениях в 2017 г. проведены комплексные исследования их лесоводственного и экологического состояния. В данной работе приводится информация по результатам исследования подстилочно-горфяного (О) и подзолистого (Е) горизонтов. Учитывая малую мощность горизонта О, в исследованиях его рассматривали вместе с лесной подстилкой [Классификация и диагностика..., 2004, с. 18].

Для анализа состояния верхних горизонтов почвы на каждой пробной площади закладывали по 30 прикопок в межкроновом пространстве. На месте будущей прикопки отбирали образец подстилочно-горфяного горизонта с помощью деревянной рамки, измеряли его мощность с четырех сторон с точностью до 1 см. На прикопке также измеряли мощность подзолистого горизонта и металлическим буром с режущим краем отбирали образец почвы. Плотность сложения горизонтов О и Е определяли в камеральных условиях по общепринятой методике [Полевой практикум..., 2007]. Рассчитывали запас горизонта О в абсолютно сухом состоянии (т/га).

В образцах почвы определяли содержание подвижных соединений фосфора и калия по методу А.Т. Кирсанова в модификации ЦИНАО, актуальную и обменную (вытяжка КСl) кислотность – потенциометрически. Определяли потерю при прокаливании образцов в муфельной печи при температуре 800 °С, содержание органического углерода в подзолистом горизонте – методом Тюрина по общепринятым методикам [Почвоведение, 2016]. Показатели определяли не менее чем в двух повторностях.

Для оценки влияния рубок ухода на свойства верхних горизонтов почв использовали однофакторный дисперсионный анализ. В тех случаях, когда влияние исследуемого фактора было доказано, для поиска различий между вариантами применяли критерий Тьюки [Ивантер, 2014].

*Результаты исследования.* Рубки ухода, проведенные в 13-летних насаждениях, оказали влияние на изменение микроклиматических факторов, таких как освещенность, температура и влажность воздуха, глубина промерзания и скорость оттаивания почвы, температура почвы, и сказались на формировании фитоценоза [Чибисов, Нефедова, 2007]. Исследования, проводимые Северным НИИ лесного хозяйства на данных объектах, показали, что по крайней мере в течение 40 лет прослеживалось влияние рубок ухода на абиотические факторы, хотя это влияние несколько снижалось с возрастом насаждений и разрастанием крон. Отмечено, что на площадях, где проведены рубки ухода, в зависимости от густоты полога суммарная радиация в первые годы после рубки увеличилась на 10–118%, а освещенность – в 2 раза, по сравнению с контролем. Заметно изменился и температурный режим в формирующихся насаждениях. Так, сумма эффективных температур (выше среднесуточных +10 °С) повысилась на 11–20 °С, при

этом в среднем на 8 дней увеличилось общее число дней с эффективными температурами, а средняя температура воздуха на высоте 1,5 м возросла на 0,6–0,8 °С. Все эти изменения отразились и на температурно-влажностном режиме почв. Было установлено, что на объектах, пройденных рубками ухода, почва весной прогревалась на 5–10 дней быстрее, и тепло проходило в более глубокие слои, тогда как процесс охлаждения почвы осенью не изменялся, по сравнению с контролем, и только при редком стоянии деревьев (ПП 17) увеличивалась глубина промерзания почвы (на 30 см), а оттаивание почвы происходило на 3–9 дней позже [Нефедова, 1978]. Инсоляция почвенного покрова отразилась на влажности поверхностных горизонтов почвы: на объектах, пройденных рубками ухода, с меньшим числом деревьев в сухую погоду она снижалась на 4–9%.

Верхние горизонты почв отражают современное состояние биогеоценоза, являясь ценогенетическим признаком почв [Карпачевский, 1981]. Изменения абиотических факторов среды после рубок ухода больше затрагивают лесную подстилку и могут изменить почвы по типу гумуса [Чертов, 1981]. Лесная подстилка связана с опадом, который зависит как от состава древостоя, так и от ценофлоры напочвенного покрова, что, в свою очередь, влияет на свойства нижележащих горизонтов почвы. При этом в насаждениях, пройденных рубками ухода, изменению могут быть подвержены как физические, так и химические (агрохимические) свойства почвы, в частности реакция среды и снабжение почвы питательными веществами.

Однофакторный дисперсионный анализ выявил (при 5%-м уровне значимости) влияние рубок ухода на физические свойства подстильно-торфяного и подзолистого горизонтов в отношении мощности и плотности сложения обоих горизонтов, а также запаса горизонта О (табл. 2). Значения коэффициента Плохинского показали, что наиболее подвержена влиянию изменившихся при рубках ухода факторов среды мощность горизонта О ( $\eta = 33,2\%$ ). Влияние рубок ухода на плотность сложения, запас подстильно-торфяного составляет 13–14%, менее всего (6,8%) изреживание насаждений влияет на мощность подзолистого горизонта.

Изменения в горизонте О прежде всего отражаются в его мощности. Средний показатель мощности на исследуемых пробных площадях колеблется от 3,45 до 4,14 см.

Мощность горизонта О, по сравнению с контрольным насаждением (табл. 3), выше на объектах, где в молодом возрасте удалили 3/4 деревьев и в возрасте 72 лет сформировались насаждения с числом деревьев 800–900 экз./га. Причем периодичность выборки деревьев (однократная или в два приема) не оказала влияния ( $p = 0,91$ ) на мощность подстильно-торфяного горизонта в приспевающих древостоях.

Таблица 2

**Однофакторный дисперсионный анализ основных показателей  
физических свойств подстильно-торфяного и подзолистого горизонтов**  
**Univariate variance analysis of the main indicators of the physical properties  
of litter-peat and podzolic horizons**

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Дисперсия	$F_{\text{факт}}$	$P$ -значение	$F_{\text{табл}}$
Мощность подстильно-торфяного горизонта, см						
Между группами	78,7	4,00	19,7	21,7	0,00	2,43
Внутри групп	131,7	145,00	0,9			
Итого	210,4	149,00				
Плотность сложения подстильно-торфяного горизонта, г/см <sup>3</sup>						
Между группами	0,15	4,00	0,04	8,35	0,000004	2,43
Внутри групп	0,66	145,00	0,00			
Итого	0,81	149,00				
Запас подстильно-торфяного горизонта, т/га						
Между группами	14794,85	4,00	3698,71	8,83	0,00	2,43
Внутри групп	60756,79	145,00	419,01			
Итого	75551,65	149,00				
Плотность сложения подзолистого горизонта, г/см <sup>3</sup>						
Между группами	0,05	4,00	0,01	0,91	0,46	2,43
Внутри групп	1,79	144,00	0,01			
Итого	1,84	148,00				
Мощность подзолистого горизонта, см						
Между группами	311,24	4,00	77,81	5,26	0,001	2,43
Внутри групп	2145,50	145,00	14,80			
Итого	2456,64	149,00				

В таблице:  $F_{\text{факт}}$  – фактическое значение критерия Фишера;  $P$ -значение – вероятность;  $F_{\text{табл}}$  – табличное значение критерия Фишера.

При меньшем числе деревьев (интенсивность выборки в молодом возрасте 84%, число деревьев в сформированном насаждении 600 экз./ га) мощность подстильно-торфяного горизонта значительно отличается от ПП 15 и 16 и близка к контрольному насаждению, не пройденному рубками ухода.

Таблица 3

**Статистическая оценка физических свойств подстильно-торфяного и элювиального горизонтов на пробных площадях, пройденных рубками ухода, в сравнении с контролем ( $t_{0,05} = 2,0$ )**

**Statistical estimation of the physical properties of the litter-peat and eluvial horizons in trial plots covered by trial plots, in comparison with the control ( $t_{0,05} = 2.0$ )**

Показатель	15/К	16/К	17/К	К
Мощность подстильно-торфяного горизонта, см				
$X \pm m_x$	4,14±0,17	3,95±0,17	3,45±0,19	3,38±0,16
$t_{\text{факт}}$	3,22	2,41	0,29	–
$P$ -значение	<0,05	<0,05	0,77	–
Плотность сложения подстильно-торфяного горизонта, г/см <sup>3</sup>				
$X \pm m_x$	0,14±0,01	0,14±0,01	0,10±0,01	0,12±0,01
$t_{\text{факт}}$	2,00	1,90	1,69	–
$P$ -значение	0,05	0,06	0,10	–
Запас подстильно-торфяного горизонта, т/га				
$X \pm m_x$	58,38±4,14	55,85±4,45	34,59±2,94	40,17±3,16
$t_{\text{факт}}$	3,50	2,87	1,29	–
$P$ -значение	<0,05	<0,05	0,20	–
Мощность подзолистого горизонта, см				
$X \pm m_x$	7,25±0,73	9,50±0,68	8,64±0,62	6,25±0,60
$t_{\text{факт}}$	0,96	3,63	2,56	–
$P$ -значение	0,34	<0,05	<0,05	–

В таблице:  $X \pm m_x$  – среднее значение и ошибка среднего значения;  $t_{\text{факт}}$  – фактическое значение критерия Тьюки;  $P$ -значение – вероятность ошибки при отклонении нулевой гипотезы.

Различия в комплексе эколого-ценотических факторов, изменившихся в результате рубок ухода, мало сказались на плотности сложения подстильно-торфяного горизонта: по вариантам он колеблется от 0,10 до 0,14 г/см<sup>3</sup>. Однако прослеживается та же тенденция, что и по мощности горизонта. В сосновых насаждениях с густотой 800–900 экз./га плотность сложения горизонта О несколько выше, однако по сравнению с контрольным насаждением, различия недостоверны (см. табл. 3). В то же время обращает на себя внимание меньшая плотность сложения подстильно-торфяного горизонта на ПП 17 с густотой древостоя в настоящее время около 600 экз./га.

Различия в мощности и плотности сложения подстильно-торфяного горизонта при разной численности деревьев на единицу площади могут зависеть как от абиотических факторов (солнечная радиация, осадки и т. п.) под пологом древостоя, так и от изменения количества опада и его состава, в том числе связанного со структурой напочвенного покрова. Так, на ПП 17 через 30 лет после рубок ухода, по данным Г.А. Чибисова и А.И. Нефедовой (2007), освещенность под пологом древостоя была вдвое выше, а суммарная радиация на 30% выше, чем на ПП 16 с меньшим разреживанием. В настоящее время на ПП 17 проективное покрытие брусники в напочвенном покрове составляет 57%, что на 17% выше, чем на ПП 16.

В прямой зависимости от плотности сложения и мощности находится запас подстильно-торфяного горизонта. Среднее значение его запаса по пробным площадям изменяется от 34,6 до 58,4 т/га, на контроле – 40,2 т/га. Максимальный запас горизонта О сформировался в сосняках на ПП 15 и 16, с выборкой 3/4 деревьев в один или два приема. Он не зависит от количества приемов рубок ухода (различия несущественны,  $p > 0,05$ ) и значительно отличается от контрольного насаждения (см. табл. 3). В насаждениях с числом деревьев 600 экз./га (ПП 17) запас подстильно-торфяного горизонта ниже, чем в более густых насаждениях, пройденных рубками ухода (ПП 15 и 16), что связано с его меньшей мощностью и плотностью сложения.

Влияние рубок ухода, проведенных в молодом возрасте, на физические свойства минеральной части верхних горизонтов почвы проявляется менее заметно, что связано с буферной ролью подстильно-торфяного горизонта, принимающего на себя основную нагрузку при изменении факторов среды в лесном насаждении. Не выявлено достоверного изменения плотности сложения, равно как и пористости подзолистого горизонта. Колебания плотности сложения подзолистого горизонта на опытных объектах находятся в пределах 1,23–1,28 г/см<sup>3</sup>, а общей пористости – 50,8–52,7%.

Эколого-ценотические факторы среды, сформировавшиеся в сосновых насаждениях различной густоты древостоя к возрасту прироста, оказыва-



ли влияние на процесс оподзоливания, выражающийся в мощности подзолистого горизонта. Так, в вариантах с однократным удалением большей части древостоя при рубках ухода в возрасте 13 лет мощность подзолистого горизонта достоверно выше, по сравнению с контрольным насаждением (см. табл. 3). В то же время при двухприемной рубке ухода в возрасте 13 и 40 лет (ПП 15) мощность подзолистого горизонта соответствует контрольному насаждению ( $p > 0,05$ ). При такой периодичности рубок насаждения оподзоливание заметно меньше, чем при одноприемной рубке с тем же количеством выбранных деревьев ( $p < 0,05$ ).

Являясь биогеохимическим барьером на пути переноса химических элементов внутри лесного биогеоценоза [Щербов, 2012], лесная подстилка насыщает нижележащие горизонты питательными веществами и водорастворимыми органическими соединениями, мигрирующими с током воды осадков. Изменения, происходящие в горизонте О в результате формирующихся факторов среды после рубок ухода, определяют и свойства минеральных горизонтов.

На площадях с рубками ухода в подстильно-торфяном горизонте потери при прокаливании выше на 30–50%, а содержание органического углерода и гумуса в нижележащем минеральном горизонте также в 2–3 раза выше, по сравнению с контрольным насаждением (табл. 4).

При этом на накопление органического вещества и органического углерода в большей степени влияет не интенсивность изреживания (число оставшихся при рубке деревьев), а способ рубки (одноприемный или двухприемный) при одинаковой численности деревьев в формирующемся насаждении. Постепенное изменение эколого-ценотических условий при изреживании древостоя в два приема способствует переходу большего количества органики из горизонта О в нижележащие горизонты. В подзолистом горизонте концентрируется больше органического углерода и гумуса за счет миграции водорастворимых компонентов. В хвойных насаждениях они насыщены специфическими гумусовыми веществами с большим содержанием фульвокислот, что оказывает разрушающее воздействие на минеральную часть почвы и может привести к усилению оподзоливания, выражающемся в увеличении мощности подзолистого горизонта. В то же время при внешних признаках усиления оподзоливания не выявлено заметных различий в реакции среды: кислотность подстильно-торфяного и подзолистого горизонтов достаточно стабильна, различия составляют не более  $\pm 5\%$ . В более южных условиях (подзона южной тайги) снижение кислотности почв отмечается как основная положительная тенденция после проведения рубок ухода [Сеннов, 1999].

Таблица 4

**Свойства подстильно-торфяного и подзолистого горизонтов  
на пробных площадях**

**Properties of litter-peat and podzolic horizons in trial plots**

ПП	Подстильно-торфяной горизонт			Подзолистый горизонт					
	ППП, %	pH <sub>вод</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Органиче- ский углерод, %	Гумус, %	pH <sub>вод</sub>	pH <sub>KCl</sub>	Содержание, мг/кг	
								P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
15	<u>80,5</u> 128,6	4,4	3,3	<u>1,1</u> 366,7	<u>1,9</u> 316,7	4,4	3,7	<u>8,6</u> 111,7	<u>24,5</u> 108,9
16	<u>94,8</u> 151,4	4,6	3,3	<u>0,7</u> 233,3	<u>1,2</u> 200,0	4,5	3,9	<u>7,9</u> 102,5	<u>24,5</u> 108,0
17	<u>94,2</u> 150,5	4,5	3,5	<u>0,8</u> 266,7	<u>1,3</u> 216,7	4,6	3,9	<u>5,5</u> 71,4	<u>22,0</u> 97,8
Контроль	<u>62,6</u> 100	4,6	3,5	<u>0,3</u> 100	<u>0,6</u> 100	4,6	3,7	<u>7,7</u> 100	<u>22,5</u> 100

В таблице: ППП – потеря от прокаливания; в знаменателе – % от контроля.

В пройденных рубками приспевающих сосняках с числом деревьев 800–900 экз./га содержание подвижных форм фосфора и калия (однократное определение) в подзолистом горизонте почв выше, по сравнению с контролем и насаждением с большей выборкой деревьев. При выборке 84% деревьев содержание фосфатов ниже, по сравнению с контролем, на 29%. Этому могло способствовать не только уменьшение количества поступающего опада, но и усиление эффекта промывания почв осадками, поступающими в межкروновое пространство.

*Выводы.* Рубки ухода, проведенные в молодых сосново-березовых насаждениях, позволяют к возрасту приспевания сформировать чистые по составу сосновые насаждения. Комплекс факторов среды, измененных при проведении изреживаний на протяжении 58-ми последующих лет, оказал влияние на верхние горизонты почвенного покрова. Большим изменениям подвержен подстильно-торфяной горизонт, играющий буферную роль в лесных биогеоценозах и оказывающий опосредованное воздействие на подзолистый горизонт альфегумусовых почв. В связи с изреживанием изменяется метаболизм в органогенных горизонтах, связанный с разложением

ем мортмассы. Это сказывается на увеличении содержания органических компонентов в минеральном горизонте, что может усиливать оподзоливание. Меньшее влияние на оподзоливание оказали двухприемные рубки. Учитывая их воздействие на показатели физико-химических свойств верхних горизонтов почвы, их можно считать наиболее благоприятно действующими на экологическую среду формирующихся сосняков в северо-таежном районе европейской части Российской Федерации.

Исследования поддержаны грантом РФФИ-север № 17-44-290127.

### **Библиографический список**

*Бурова Н.В., Феклистов П.А.* Антропогенная трансформация пригородных лесов. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2007. 264 с.

*Дымов А.А.* Влияние сплошных рубок в бореальных лесах на почвы (обзор) // Почвоведение. 2017. № 7. С. 787–798.

*Гусев И.И.* Моделирование экосистем: учеб. пособие. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2002. 112 с.

*Беляева Н.В., Данилов Д.А.* Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов на объектах рубок ухода и комплексного ухода за лесом. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. 164 с.

*Захаров А.Ю.* Лесоводственно-хозяйственная эффективность рубок ухода в сосновых насаждениях средней подзоны тайги Архангельской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / САФУ. Архангельск, 2013. 20 с.

*Ивантер Э.В., Коросов А.В.* Введение в количественную биологию: учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2014. 298 с.

*Шишов Л.Л., Тонконогов В.Д., Лебедева И.И., Герасимова М.И.* Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.

*Корпачевский Л.О.* Лес и лесные почвы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 264 с.

*Левковская М.В., Сарнацкий В.В.* Некоторые особенности изменения водно-физических свойств почвы в сосновых лесах Брестского ГПЛХО в результате проведения механизированных рубок ухода // Труды Брестского государственного технического университета. Сер. 1. Лесное хозяйство, 2013. Т. 1 (157). С. 85–87.

*Ледяева А.С.* Влияние ухода за лесом на динамику компонентов лесного биогеоценоза: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. СПб.: ГЛТУ, 2008. 20 с.

*Нефедова А.И.* Влияние рубок ухода на промерзание почвы в сосняках и ельниках // Материалы годичной сессии по итогам НИР за 1977 г. Архангельск, 1978. С. 30–31.

*Наквасина Е.Н., Серый В.С., Семёнов Б.А.* Полевой практикум по почвоведению. Архангельск: АГТУ, 2007. 127 с.

*Наквасина Е.Н., Любова С.В.* Почвоведение: учеб. пособие / САФУ. Архангельск: САФУ, 2016. 146 с.

- Сеннов С.Н.* Рубки ухода за лесом: моногр. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 160 с.
- Сеннов С.Н.* Уход за лесом (экологические основы). М.: Лесн. пром-сть, 1984. 128 с.
- Сеннов С.Н.* Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса. СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. 98 с.
- Сеннов С.Н.* Влияние рубок ухода на итоговый запас древостоя // Труды СПбНИИЛХ. 2012. № 1-2. С. 8–10.
- Чертов О.Г.* Экология лесных земель (почвенно-экологические исследования лесных местообитаний). Л.: Наука, 1981. 192 с.
- Чибисов Г.А., Вялых Н.И., Минин Н.С.* Рубки ухода за лесом на Европейском Севере: практ. пособие. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2004. 127 с.
- Чибисов Г.А., Нефедова А.И.* Рубки ухода и фитоклимат: моногр. Архангельск: СевНИИЛХ, 2007. 266 с.
- Щербов Б.Л.* Роль лесной подстилки в миграции химических элементов и искусственных радионуклидов при лесных пожарах в Сибири // Сибирский экологический журнал. 2012. № 2. С. 253–265.
- Cambi M., Certini G., Fabiano F., Foderi C., Laschi A., Picchio R.* Impact of wheeled and tracked tractors on soil physical properties in a mixed conifer stand // iForest. 2015. No. 9. P. 89–94. DOI: 10.3832/ifer1382-008 [online 2015-05-22]
- Naghdi R., Solgi A., Labelle E.R., Zenner E.K.* Influence of ground-based skidding on physical and chemical properties of forest soils and their effects on maple seedling growth // Eur J Forest Res. 2016. No. 135. P. 949–962.
- Solgi R., Naghdi R., Tsioras P.A., Nikooy M.* Soil Compaction and Porosity Changes Caused During the Operation of Timberjack 450C Skidder in Northern Iran. Croat. j. for. eng. 2015. No. 36(2). P. 217–225.

## References

- Burova N.V., Feklistov P.A.* Antropogennaya transformaciya prigorodnyh lesov [Anthropogenic transformation of suburban forests]. Arhangel'sk: Izd-vo Arhang. Gos. tekhn. un-ta, 2007. 264 p. (In Russ.)
- Думов А.А.* Vliyanie sploshnyh rubok v boreal'nyh lesah na pochvy (obzor) [Effect of clear-cutting in the boreal forests of the soil (a review)]. *Pochvovedenie*, 2017, no. 7, pp. 787–798. (In Russ.)
- Gusev I.I.* Modelirovanie ehkosisistem [Modeling ecosystems]: uchebnoe posobie. Arhangel'sk: Izd-vo AGTU, 2002. 112 p. (In Russ.)
- Belyaeva N.V., Danilov D.A.* Zakonomernosti funkcionirovaniya osnovnyh i elovyh fitocenzov na ob'ektah rubok uhoda i kompleksnogo uhoda za lesom [Regularities in the functioning of pine and spruce phytocoenoses in the areas of thinning and complex forest management]. SPb.: Izd-vo Politekhnikeskogo universiteta, 2014. 164 p. (In Russ.)
- Zaharov, A.Yu.* Lesovodstvenno-hozyajstvennaya ehffektivnost' rubok uhoda v osnovnyh nasazhdeniyah srednej podzony tajgi Arhangel'skoj oblasti [Forest

management and economic efficiency of thinning in pine plantations of the middle taiga subzone of Arkhangelsk region]: avtoref. dis. ... kand. sel.-hoz. nauk; Northern (Arctic) federal university named M.V. Lomonosova. Arhangel'sk, 2013. 20 p. (In Russ.)

*Ivanter Eh.V. Korosov A.V.* Vvedenie v kolichestvennyuyu biologiyu [Introduction to quantitative biology]: uchebnoe posobie, 3-e izd., ispr. i dop. Petrozavodsk: Izd-voPetrGU, 2014. 298 p. (In Russ.)

*Shishov L.L., Tonkonogov V.D., Lebedeva I.I., Gerasimova M.I.* Klassifikatsia i diagnostika pochv Rossii [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk: Oikumena, 2004. 342 p. (In Russ.)

*Korpachevskij L.O.* Les i lesnye pochvy [Forest and forest soils]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1981. 264 p. (In Russ.)

*Levkovskaya M.V., Sarnackij V.V.* Nekotorye osobennosti izmeneniya vodno-fizicheskikh svoystv pochvy v sosnovykh lesakh Brestskogo GPLHO v rezul'tate provedeniya mekhanizirovannykh rubok uhoda [Some peculiarities of changing the water-physical properties of the soil in the pine forests of Brest as a result of mechanized thinning]. *Trudy Brestskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. 1. Lesnoe hozyajstvo*, 2013, vol. 1 (157), pp. 85–87. (In Russ.)

*Ledyayeva A.S.* Vliyanie uhoda za lesom na dinamiku komponentov lesnogo biogeocenoza [The influence of forest care on the dynamics of forest biogeocenosis components]: avtorev. diss. .... kand. s.-h. nauk. SPb.: GLTU, 2008. 20 p. (In Russ.)

*Nefedova A.I.* Vliyanie rubok uhoda na promerzanie pochvy v sosnyakh i el'nikah [Effect of thinning cuttings on soil freezing in pine forests and spruce groves]. *Mat. godichn. sessii po itogam NIR za 1977 g.* Arhangel'sk, 1978, pp. 30–31. (In Russ.)

*Nakvasina E.N., Seryj V.S., Semenov B.A.* Polevoj praktikum po pochvovedeniyu [Field Workshop on Soil Science]. Arhangel'sk: AGTU, 2007. 127 p. (In Russ.)

*Nakvasina E.N., Lyubova S.V.* Pochvovedenie: uchebnoe posobie [Soil Science: a Tutorial]. Northern (Arctic) federal university named M.V. Lomonosova. Arhangel'sk: SAFU, 2016. 146 p. (In Russ.)

*Sen'nov S.N.* Rubki uhoda za lesom: monografiya [Thinning the forest]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1977. 160 p. (In Russ.)

*Sen'nov S.N.* Uhod za lesom (ehkologicheskie osnovy) [Forest Care (environmental basics)]. M.: Lesn. prom-st', 1984. 128 p. (In Russ.)

*Sen'nov S.N.* Itogi 60-letnih nablyudenij za estestvennoj dinamikoj lesa [Results of 60-year observations of the natural dynamics of the forest]. SPb.: SPbNIIILH, 1999. 98 p. (In Russ.)

*Sen'nov S.N.* Vliyanie rubok uhoda na itogovyj zapas drevostoya [Effect of thinning on the total stock of the stand]. *Trudy S.-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo hozyajstva*, 2012, no. 1-2, pp. 8–10. (In Russ.)

*Chertov O.G.* Ekologiya lesnyh zemel' (pochvenno-ehkologicheskie issledovaniya lesnyh mestoobitaniy) [Ecology of forest lands (soil-ecological studies of forest habitats)]. L.: Nauka, 1981. 192 p. (In Russ.)

*Chibisov G.A., Vyalyh N.I., Minin N.S.* Rubki uhoda za lesom na Evropejskom Severe [Thinning in the European North]: prakticheskoe posobie. Arhangel'sk: Izd-vo AGTU, 2004. 127 p. (In Russ.)

*Chibisov G.A., Nefedova A.I.* Rubki uhoda i fitoklimat [Thinning and phytoclimate]: monografiya. Arhangel'sk: SevNIILH, 2007. 266 p. (In Russ.)

*Shcherbov B.L.* Rol' lesnoj podstilki v migracii himicheskikh ehlementov i iskusstvennyh radionuklidov pri lesnyh pozharah v Sibiri [The role of forest litter in the migration of chemical elements and artificial radionuclides in forest fires in Siberia]. *Sibirskij ehkologicheskij zhurnal*, 2012, no. 2, pp. 253–265. (In Russ.)

*Cambi M., Certini G., Fabiano F., Foderi C., Laschi A., Picchio R.* (2015). Impact of wheeled and tracked tractors on soil physical properties in a mixed conifer stand. *iForest* 9: 89–94. DOI: 10.3832/ifor1382-008 [online 2015-05-22]

*Naghdhi R., Solgi A., Labelle E.R., Zenner E.K.* Influence of ground-based skidding on physical and chemical properties of forest soils and their effects on maple seedling growth. *Eur J Forest Res*, 2016, no. 135, pp. 949–962.

*Solgi R., Naghdhi R., Tsioras P.A., Nikooy M.* Soil Compaction and Porosity Changes Caused During the Operation of Timberjack 450C Skidder in Northern Iran. *Croat. j. for. eng.*, 2015, no. 36 (2), pp. 217–225.

*Материал поступил в редакцию 26.02.2018 г.*

---

**Наквасина Е.Н., Воеводкина А.В., Волков А.Г.** Влияние рубок ухода в молодняках на свойства почв формирующихся насаждений // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 224. С. 21–36.* DOI: 10.21266/2079-4304.2018.224.21-36

При изреживании древостоев в результате рубок ухода в насаждении происходят изменения не только в таксационных показателях древесных пород, но и в эколого-ценотической обстановке насаждений, пройденных рубками, что сказывается на формировании верхних горизонтов почв. Исследования проводились на стационарных объектах, заложенных в 1959 г. Архангельским институтом леса и лесохимии (Северный НИИ лесного хозяйства) в Северном участковом лесничестве Обозерского лесничества Архангельской области, которое относится к северотаежному району европейской части Российской Федерации. В сосново-березовом молодняке чернично-брусничного типа леса с составом 6С4Б+Ос (возраст 13 лет) заложено три варианта рубок ухода с различной выборкой по числу деревьев. Первый вариант – двухприемная рубка ухода с интервалом 27 лет, с интенсивностью выборки в первый прием 36% по числу деревьев, во второй прием 30% по запасу; в настоящее время состав 10С, число деревьев составляет 837 экз./га. Два других варианта – одноприемные рубки с интенсивностью изреживания 76 и 84%; в настоящее время состав 10С, густота насаждений составляет 894 и 596 экз./га соответственно. Контролем служила площадь, не пройденная рубками ухода. Изучены физико-химические свойства

верхних (подстилочный и подзолистый) горизонтов альфегумусовых почв в сформированных припевающих сосняках, в том числе мощность горизонтов, плотность их сложения, реакция среды, содержание органического вещества, углерода и гумуса, подвижных форм фосфора и калия. Определен запас подстильно-торфяного горизонта. Установлено, что в результате изреживания древостоев большим изменениям подвержен горизонт О, играющий буферную роль в лесных биогеоценозах. В результате действия комплекса эколого-ценотических факторов увеличиваются его мощность, плотность сложения и запас, содержание органического вещества. Все это сказывается на нижележащем подзолистом горизонте, в котором содержание органических компонентов увеличивается в 2–3 раза, по сравнению с контролем. Это приводит к усилению оподзоливания, что проявляется в увеличении мощности подзолистого горизонта. Меньшее влияние на оподзоливание оказали двухприемные рубки, которые по комплексу воздействия на физико-химические свойства верхних горизонтов почв можно считать более благоприятными с точки зрения воздействия на экологическую среду формирующихся насаждений после проведения рубок ухода.

**Ключевые слова:** рубки ухода, сосново-березовые молодняки, подстильно-торфяной горизонт, почвы, физические свойства, химические свойства.

**Nakvasina E.N., Voevodkina A.V., Volkov A.G.** Influence of thinning to soil properties in young forest. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehničeskoj Akademii*, 2018, is. 224, pp. 21–36 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.224.21-36

Thinning is influence to ecological-cenotic condition that affects the formation of the lower tiers of the forest ecosystem. The research was conducted on stationary objects that created in 1959 by Arkhangelsk's Institute of Forest and Wood Chemistry (now North research institute of forestry). There are 3 variants of thinning with different sample by number of tree trunks in pine-birch forest with whortleberry-clusterberry cover. The first variant is two-stage thinning with 27 years interval and intensity of cutting in the first reception of 36% in the number of trees, in the second reception 30% in stock. At the moment there is 100% pine stocking with 837 trunks at hectare. Other two variants are one-stage thinning with intensity of cutting equal 76 and 84%. At the moment its 100% pine stocking with 894 and 596 trunks at hectare. Reference is not thinning forest. We studied chemical and physical properties topsoil (O and E) of podzols, such as: thickness, density, pH, organic carbon, humus and mobile forms of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K<sub>2</sub>O. We evaluated weight of forest litter (O) and detect its significant changes as results of thinning. Under the influence of ecological-cenotic factors grow litter forest thickness, density, weight and organic carbon. This affects to albic horizon that organic carbon grow at 2–3 times compared reference. Less influence to soil and forest litter has two-stage thinning.

**Key words:** Thinning, pine-birch young forest, forest litter, soil, chemical and physical properties.

**НАКВАСИНА Елена Николаевна** – профессор кафедры лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, доктор сельскохозяйственных наук, профессор.

163002, наб. Сев. Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: nakvasina@yandex.ru.

**NAKVASINA Elena N.** – DSc (Agricultural), Professor of Forestry and Forest Management Department of Graduate School of Natural Science and Technology, Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov.

163002. Sev. Dviny emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: nakvasina@yandex.ru.

**ВОЕВОДКИНА Александра Викторовна** – магистрант второго года обучения кафедры лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова.

**VOEVODKINA Aleksandra V.** – Second year master student of Forestry and Forest Management Department of Graduate School of Natural Science and Technology, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov.

**ВОЛКОВ Алексей Геннадьевич** – доцент кафедры лесоводства и лесоустройства Высшей школы естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова, кандидат биологических наук.

163002, наб. Сев. Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: a.g.volkov@narfu.ru

**VOLKOV Alexey G.** – PhD (Biology), Associate Professor of Forestry and Forest Management Department of Graduate School of Natural Science and Technology, Northern (Arctic) Federal University named by M.V. Lomonosov.

163002. Sev. Dviny emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: a.g.volkov@narfu.ru