



УДК 630*181.9:630*182.2

ОТПАД ДЕРЕВЬЕВ ПОСЛЕ РУБКИ ДРЕВОСТОЕВ БЕРЕЗЫ С СОХРАНЕНИЕМ ЕЛИ В ЮЖНОЙ ТАЙГЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РУССКОЙ РАВНИНЫ

© **М.В. Рубцов**, д-р с.-х. наук, проф.

А.А. Дерюгин, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр.

Институт лесоведения Российской академии наук, ул. Советская, д. 21,
п/о Успенское, Московская обл., Россия, 143030; e-mail: mivlarub@mail.ru

По данным наблюдений на постоянных пробных площадях установлены тенденции отпада деревьев в начальный период (10 лет) и через 20...30 лет после сплошной рубки 45–75-летних древостоев березы с сохранением ели предварительной генерации. Рубки проведены в южно-таежных высокопроизводительных березняках кислично-черничной группы типов леса. Возобновление древесных пород происходит преимущественно между участками с елью предварительной генерации, в основном на волоках. В начальный период отмечен большой отпад осины (85 %), обильно восстанавливающейся корневыми отпрысками. Причина гибели – естественное изреживание и неоднократное повреждение осины лосем. Через 20...30 лет после рубки в последующем возобновлении мелколиственных пород, при значительном преобладании в нем березы, сохраняется большой отпад деревьев (в среднем 85 %). Главная причина – затенение верхним пологом древостоя. Возобновление ели происходит в основном на волоках. Через 20 лет после рубки древостоев березы количество деревьев ели последующей генерации (высотой более 0,1 м) изменялось от 2,0 до 11,3 тыс. шт./га. Отпад в следующие 10 лет составлял в среднем 55 %. Основная причина гибели деревьев – затенение верхним пологом древостоя. В начальный период (10 лет) отпад деревьев не превышал 20 %. В отпаде ель, неспособная адаптироваться к условиям вырубki и поврежденная в процессе рубки. С увеличением давности рубки отпад возрастает до 30...45 %, что обусловлено повышением напряженности конкурентных отношений. Главный лимитирующий фактор – дефицит светового ресурса, увеличивающийся с понижением высоты деревьев в пологе древостоя. Отмирает ослабленная и отстающая в росте ель. В отпаде преобладают деревья, имеющие относительную протяженность крон 0,5 и менее. Установлена прямая зависимость количества погибших деревьев от сомкнутости крон ели предварительной генерации. На объектах исследования основная роль в формировании ельников принадлежит ели, сохранившейся после рубки древостоев березы.

Ключевые слова: южная тайга, древостой березы, рубка с сохранением ели, отпад деревьев, определяющие факторы.

В таежной зоне европейской части России после сплошных рубок на значительной площади произошла смена хвойных древостоев на мелколиственные (в основном на березняки). Эффективный способ восстановления таежных ельников – сохранение ели предварительной генерации при рубке мелколиственных древостоев. Изучение формирования ельников после рубок производных древостоев началось давно и продолжается в настоящее время. Опубликовано очень много работ. Вместе с тем отпад деревьев в процессе формирования таких древостоев с учетом предварительного и последующего возобновления пород изучен слабо, особенно по данным детальных наблюдений на постоянных пробных площадях (ПП).

На Северной ЛОС Института лесоведения РАН (Ярославская обл.) на серии постоянных ПП проводятся комплексные исследования динамики лесных фитоценозов в березово-еловых насаждениях и после рубки древостоев березы с сохранением ели предварительной генерации. В настоящей статье рассматриваются тенденции отпада деревьев в южно-таежных насаждениях, формирующихся после рубки (разной давности) древостоев березы с сохранением подпологовой ели.

Объекты и методика

Сплошная рубка древостоев березы с сохранением ели предварительной генерации была проведена в 1978 г. и 1992 г. на трех участках, площадью 4,0...5,0 га (табл. 1). Объекты были подобраны сотрудниками института, ими же осуществлялся контроль за соблюдением правил рубки древостоев. Рубку проводили на лентах (средняя ширина пасек – 35 м, трелевочных волоков – 5...6 м). Деревья валили под углом примерно 35° к волоку, сучья обрубаивали и оставляли на пасечных участках (между волоками). Стволы трелевали за вершину без захода трактора на пасечные участки.

Таблица 1

Общая характеристика объектов с проведенными рубками древостоев березы

Название объекта (обозначение)	Площадь, га	Возраст рубки березы, лет	Год (сезон) рубки	Давность рубки в год закладки ПП, лет	Постоянные ПП		
					Номер	Год закладки	Тип леса
Косково-92 (П ₂)	5,0	55	1992 (лето)	2	14	1994	Е кис.
					15	1994	Е чер.
Нахта-77 (П ₂₀)	4,5	45	1978 (зима)	20	23	1998	Е чер.
Косково-79 (Т ₂₀)	4,0	75	1978 (зима)	19	20	1997	Е чер.
					21	1997	Е чер.-сф.
					22	1997	Е кис.

В составе вырубленных древостоев – береза (*Betula pendula* Roth) с участием (до 30 %) осины (*Populus tremula* L.). Древостои – высокопроизводительные (класс бонитета I), высокополнотные (полнота более 0,80).

В год рубки березы на объекте «Косково-79» в популяции ели (*Picea abies* L.) преобладали деревья второго яруса древостоя (далее они называются тонкомером), на остальных объектах – деревья подроста.

Постоянные ПП были заложены в 1994–1998 гг., через 2 и 20 лет после рубки древостоев березы (табл. 1). Объектам, где расположены ПП, были даны условные обозначения. В них прописными буквами обозначена принадлежность популяции ели к ярусу древостоя в год рубки березы: П или Т – соответственно преобладание ели в подросте или втором ярусе древостоя, подстроено к этим буквам цифрами обозначена давность рубки (ДР) древостоя березы в год закладки ПП.

Пробные площади размещены в характерных для региона исследований типах леса кислично-черничной группы, в местах, где ель сохранилась в большом количестве. Последнее было обусловлено необходимостью стационарного изучения изменения конкурентных отношений в связи с изреживанием древостоев, формирующихся после удаления верхнего полога березы. Рубки ухода не проводили. Исключением является объект П₂₀ (ПП-23), где через 6 лет после рубки березы были вырублены деревья мелколиственных пород.

На ПП картировали все деревья, измеряли параметры стволов и крон. Визуально определяли состояние каждой особи: нормальное, ослабленное, погибшее (отпад). К ослабленным относили особи со следующими признаками: зонтикообразная или односторонняя крона, степень охвоения кроны менее 50 %, отношение прироста центрального побега к приросту боковых побегов меньше 1. Возраст ели в подросте устанавливали по числу мутовок, у других – по числу годовичных колец на кернях, которые брали на высоте 0,3 м от поверхности почвы. При определении возраста дерева вносили поправку, которая была установлена по модельным деревьям. Она изменялась от 4 до 9 лет (в среднем составила 7 лет). В процессе обработки данных определяли сомкнутости крон и полога ели.

В древостоях, сформировавшихся после рубки березы, высотная дифференциация деревьев четко не выражена. Вместе с тем анализом установлены существенные различия в отпаде деревьев, имеющих разную высоту. В связи с этим в древостоях были условно выделены: первый ярус, включающий деревья высотой больше 13,0 м; второй ярус – 4,1...13,0 м; подрост – 0,1...4,0 м. Этому предшествовал анализ динамики структуры и роста древостоев, формирующихся после рубки березы.

На ПП состав древостоев не однороден, что обусловлено в основном различиями в сохранности деревьев и возобновлении древесных пород в период, определяемый давностью рубки. В начале этого периода (примерно 10 лет) в составе подроста доминируют мелколиственные породы (табл. 2, объект П₂).

Таблица 2

Характеристика древостоев в год закладки ПП

№ ПП	Ярус	Состав древостоев*, %	Количество деревьев, тыс. шт./га	Средние		Стволовый запас, м ³ /га
				возраст, лет	высота, м	
<i>Объект П₂</i>						
14	1	44Б44Ос12Е	0,11	56	14,4	27
	2	95Е5Б	1,22	38	6,2	19
	П	85Ос11Е4Б	20,04	6	0,9	–
15	1	75Б20Ос5Е	0,14	57	17,8	20
	2	67Е33Б	0,66	40	7,1	12
	П	88Ос12Е	39,91	5	1,0	–
<i>Объект П₂₀</i>						
23	1	93Е4Ос3Б	0,34	50	14,7	59
	2	98Е1Ос1Б	3,67	38	8,3	178
	П	74Е25Б1Ос	4,54	14	0,9	–
<i>Объект Т₂₀</i>						
20	1	58Е25Ос14Б	0,21	75	16,3	66
	2	88Е8Ос4Б	1,82	29	7,2	31
	П	65Е25Б10Ос	12,52	11	0,9	–
21	1	54Б24Е15С7Ос	0,23	64	17,6	54
	2	83Е10Ос7Б	2,54	27	7,0	40
	П	62Е32Б5Ос1С	18,15	13	1,1	–
22	1	46Е44Б10Ос	0,48	63	17,8	134
	2	66Е28Ос6Б	1,44	27	8,8	29
	П	98Е1Б1Ос	12,80	11	0,4	–

*Состав подроста (П) определен по представленности пород в общем количестве деревьев, состав первого (1) и второго (2) ярусов – по доле пород в стволовом запасе.

Преобладание в подросте осины или березы определяется долей их в составе вырубленного древостоя и размещением относительно прогалов в пологе или участков с небольшой густотой сохраненной ели. В течение двух лет после рубки мелколиственного древостоя появляются в большом количестве корневые отпрыски осины, в основном на волоках. Береза восстанавливается семенным путем и порослью у пня. В первые 2...3 года после рубки березняков количество березы меньше, и растет она медленнее осины, что определяет доминирование последней в подросте. При небольшом участии осины в составе вырубленного древостоя и ее удаленности от хорошо освещенных участков в начальный период после рубки древостоев в подросте доминирует береза. Во втором ярусе древостоев преобладает ель. Доля мелколиственных пород в первом и втором ярусах обусловлена количеством оставленных при рубке тонкомерных деревьев березы и осины.

Через 10 лет после закладки ПП был проведен повторный мониторинг с выполнением всего комплекса учетных и измерительных работ. Это дало возможность выявить тенденции в отпаде деревьев ели и мелколиственных пород предварительной и последующей генераций на объектах с разной давностью рубки древостоев березы.

Результаты и обсуждение

В первый год после рубки древостоев березы начинается массовое возобновление осины корневыми отпрысками, в основном на волоках. Через 2 года численность ее достигала 35,0 тыс. шт./га (табл. 3, ПП-15).

В течение 10 лет погибло 85 % особей. Причины такого интенсивного отпада – изреживание в сомкнутых группах осины и неоднократное повреждение осины лосем. На объектах с 20-летней давностью рубки численность осины последующей генерации относительно невелика – от 0,3 до 1,5 тыс. шт./га. Однако и здесь в течение 10 лет погибло от 50 (ПП-23) до 90 % (ПП-20) деревьев осины. Основная причина – повреждение лосем и поражение стволовой гнилью.

Таблица 3

Отпад деревьев мелколиственных пород

№ ПП	Порода	Генерация							
		предварительная				последующая			
		N_1 , тыс. шт./га	N^o		N_2 , тыс. шт./га	N_1 , тыс. шт./га	N^o		N_2 , тыс. шт./га
	тыс. шт./га	%			тыс. шт./га	%			
<i>Объект П₂</i>									
14	Береза	0,11	0,04	36	0,07	–	–	–	–
	Осина	0,02	0,01	50	0,01	16,95	14,23	84	2,72
	<i>Итого</i>	0,13	0,05	38	0,08	16,95	14,23	84	2,72
15	Береза	0,37	0,13	35	0,24	–	–	–	–
	Осина	0,02	0,01	50	0,01	35,23	30,02	85	5,20
	<i>Итого</i>	0,39	0,14	36	0,25	35,23	30,02	85	5,20
<i>Объект П₂₀</i>									
23	Береза	0,02	–	–	0,02	1,20	1,14	95	0,06
	Осина	–	–	–	–	0,28	0,14	50	0,14
	<i>Итого</i>	0,02	–	–	0,02	1,48	1,28	86	0,20
<i>Объект Т₂₀</i>									
20	Береза	0,18	0,04	22	0,14	3,39	3,09	91	0,30
	Осина	0,09	0,01	11	0,08	1,47	1,34	91	0,13
	<i>Итого</i>	0,27	0,05	18	0,22	4,86	4,43	91	0,43
21	Береза	0,16	0,01	6	0,15	5,33	4,78	90	0,55
	Осина	0,01	–	–	0,01	1,11	0,93	84	0,18
	<i>Итого</i>	0,17	0,01	6	0,16	6,44	5,71	87	0,73
22	Береза	0,18	0,01	6	0,17	0,20	0,18	90	0,02
	Осина	0,06	0,02	33	0,04	0,78	0,54	69	0,24
	<i>Итого</i>	0,24	0,03	12	0,21	0,98	0,72	73	0,26

Примечание. Здесь и далее, в табл. 4, 5, имеем N_1 – количество деревьев, растущих в первый учет (в год закладки ПП); N^o – в отпаде (погибших за 10 лет); N_2 – сохранившихся (растущих) через 10 лет.

На объекте P_2 массовое возобновление березы началось через 2 года после рубки, т. е. после закладки пробных площадей. Поэтому при 10-летнем межучетном периоде проследить процесс отпада не представляется возможным. На объектах P_{20} и T_{20} (ДР = 20...30 лет) доля погибших за 10 лет деревьев березы последующей генерации была очень высокой (90 %). Главная причина – затенение березы верхним пологом древостоя.

Деревья мелколиственных пород предварительной генерации, оставленные после рубки, мало представлены на объектах. Максимальное их количество (0,4 тыс. шт./га) было на ПП-15. За 10-летний период погибло 35 % деревьев. На объекте T_{20} количество деревьев мелколиственных пород предварительной генерации было меньше и изменялось от 0,17 до 0,27 тыс. шт./га. Отпад их не превышал 33 %.

На объекте P_2 пробные площади были заложены через 2 года после рубки. За это время самосев ели не достиг учетной высоты (10 см). Поэтому отпад ели последующей генерации при принятом межучетном периоде здесь определить невозможно.

В табл. 4 приведен отпад деревьев ели последующей генерации за 10-летний период (ДР = 20...30 лет) на объектах P_{20} и T_{20} .

Количество особей ели последующей генерации на ПП-20...23 изменялось значительно – от 2,0 до 11,3 тыс. шт./га. Они расположены в прогалах между участками с елью предварительной генерации, в основном на волоках. Под пологом ельников, формирующихся из сохранившихся подроста и тонкомера, выживает очень небольшое количество особей ели последующей генерации, преобладающая часть которых имеет ослабленное состояние. Средняя высота ели последующей генерации не превышала 0,7 м. За 10-летний период (ДР = 20...30 лет) отпад деревьев ели на ПП существенно различался – от 1,5 до 6,6 тыс. шт./га. Доля погибших деревьев изменялась от 31 до 76 % (в среднем – 35 %). Высота ели в отпаде в среднем 0,3 м.

На объекте T_{20} через 10 лет (ДР = 20...30 лет) сохранилось (в основном на волоках), от 3,1 до 5,8 тыс. шт./га деревьев ели последующей генерации (табл. 4). Это более чем в 7 раз превосходит количество сохранившихся деревьев мелколиственных пород последующей генерации.

Таблица 4

Отпад деревьев ели последующей генерации

№ ПП	N_1 , тыс. шт./га	N^0		N_2 , тыс. шт./га
		тыс. шт./га	%	
		<i>Объект P_{20}</i>		
23	2,01	1,52	76	0,49
		<i>Объект T_{20}</i>		
20	6,36	3,28	52	3,08
21	8,41	2,63	31	5,78
22	11,33	6,62	58	4,71

На пасечных участках (между волоками) формируются ельники. Здесь после рубки березы сохранилось большое количество деревьев ели предварительной генерации: до 5,1 тыс. шт./га (в среднем – 3,9 тыс. шт./га). В первый учет средняя высота деревьев зависела от доли подроста в генерации ели и давности рубки и изменялась от 2,3 (П₂) до 7,0 м (П₂₀). На объекте П₂ под пологом 55-летнего березняка сформировался подрост ели в возрасте до 50 лет [6]. В начальный 10-летний период после рубки возрастная структура сохранившихся деревьев ели была схожа со структурой популяции ели под пологом березняков [7]. Изменение условий (в основном увеличение освещенности) после удаления верхнего полога березы способствует увеличению интенсивности роста ели [1, 8, 9]. Адаптация ее к измененным условиям и соответственно рост неоднозначны и существенно зависят от состояния и высоты сохранившихся деревьев [2–5]. На объекте П₂ через 2 года после рубки древостоя березы на ПП 14 и 15 сохранилось 3,4 и 5,1 тыс. шт./га деревьев ели, сомкнутость полога была небольшой и составляла соответственно 0,5 и 0,4. Значительно преобладал подрост ели, средняя высота которой составляла 1,5 м. За 10-летний период (ДР = 2...12 лет) после рубки отпад ели не превышал 21 % (табл. 5). В отпаде преобладали (78 %) ослабленные, не способные адаптироваться к условиям вырубki, а также поврежденные в процессе рубки деревья. В ближайшей перспективе отпад деревьев будет происходить в подросте.

С увеличением давности рубки древостоя березы до 20...30 лет тенденция отпада деревьев ели существенно изменяется. Примером тому являются объекты П₂₀ и Т₂₀.

По данным А.Я. Орлова на объекте П₂₀ под пологом березняка образовался густой подрост ели. Его плотность была около 10,0 тыс. шт./га, высота – 1,0...1,5 м [4]. После рубки древостоя березы сохранилось около 8,0 тыс. шт./га деревьев. По нашим данным, через 20 лет густота ели предварительной генерации составляла 5,1 тыс. шт./га. За 20-летний период существенно изменилось вертикальное строение елового древостоя. В нем преобладали (до 70 %) деревья второго яруса, средняя высота которых равна 8,2 м. За 10-летний период (ДР = 20...30 лет) отпад был большим и составлял 45 % от количества деревьев ели предварительной генерации в первый учет (табл. 5). При этом отпад ели во втором ярусе и в подросте как по количеству погибших деревьев, так и по их доле в генерации существенно не различался. Вместе с тем доля погибших деревьев в подросте была максимальной (87 %), несмотря на сравнительно небольшую (26 %) представленность его в предварительной генерации ели. В перспективе отпад ели будет происходить в основном во втором ярусе древостоя. На объекте П₂₀ отпад деревьев в основном обусловлен изреживанием густого древостоя ели в процессе дифференциации ее по росту и развитию.

Таблица 5

Отпад деревьев ели предварительной генерации

№ ПП	Ярус	N ₁ , тыс. шт./га	N°				N ₂ , тыс. шт./га
			тыс. шт./га	% от всех деревьев			
				яруса	погибших	генерации	
<i>Объект П₂</i>							
14	1	0,02	0,01	50	–	–	0,01
	2	1,17	0,20	27	28	6	0,97
	П	2,25	0,52	23	71	15	0,73
	1+2+П	3,44	0,73	–	100	21	2,71
15	1	0,01	–	–	–	–	0,01
	2	0,46	0,12	26	24	2	0,34
	П	4,62	0,37	8	76	7	4,25
	1+2+П	5,09	0,49	–	100	9	4,60
<i>Объект П₂₀</i>							
23	1	0,30	0,02	7	1	–	0,28
	2	3,48	1,19	34	51	23	2,29
	П	1,31	1,14	87	48	22	0,17
	1+2+П	5,09	2,35	–	100	45	2,74
<i>Объект Т₂₀</i>							
20	1	0,16	–	–	–	–	0,16
	2	1,29	0,16	12	14	5	1,13
	П	1,81	0,97	54	86	30	0,84
	1+2+П	3,26	1,13	–	100	35	2,13
21	1	0,06	–	–	–	–	0,06
	2	1,74	0,20	11	16	5	1,54
	П	2,38	1,05	44	84	25	1,33
	1+2+П	4,18	1,25	–	100	30	2,93
22	1	0,29	–	–	–	–	0,29
	2	0,68	0,12	18	16	6	0,56
	П	1,21	0,64	53	84	29	0,57
	1+2+П	2,18	0,76	–	100	35	1,42

Иначе происходил отпад деревьев на объекте Т₂₀, что обусловлено структурой подпологовой популяции ели. Здесь в 75-летнем березняке сформировался второй ярус ели. Рубка была направлена на сохранение тонкомера. Однако преобладающая часть его погибла. Через 20 лет после рубки на ПП сохранилось в среднем 70 деревьев на 1 га. Причиной гибели тонкомера явились ветровал, бурелом, повреждения, вызванные падением оставленных деревьев мелколиственных пород. Этому способствовало поражение ели гнилью. Отметим, что гнилевая пораженность деревьев ели второго яруса распространенное явление под пологом березняков [10]. Этому способствует повреждение коры лосем.

На объекте T_{20} формирование ельника обусловлено в основном возобновлением ели под пологом березняков, обеспеченным семеношением деревьев во втором еловом ярусе. В период рубки древостоя березы было большое количество самосева ели в возрасте до 10 лет. Обычно в березняках с елью во втором ярусе самосев отмирает. Выживанию его способствовали удаление верхнего полога березы и гибель сохраненного тонкомера ели. Через 20 лет после рубки древостоев березы на ПП 20–22 сохранилось от 2,2 до 4,2 тыс. шт./га деревьев ели предварительной генерации. Преобладал (56 %) подрост ели, средняя высота ее – 1,8 м. За 10-летний период (ДР = 20...30 лет) отпад деревьев составлял 30...35 % от количества елей предварительной генерации в первый учет и происходил в основном в подросте (табл. 5).

На рис. 1 показано распределение растущих (в начале 10-летнего периода) и погибших за 10 лет деревьев ели предварительной генерации по возрасту и высоте. В отпаде преобладают деревья, которые изначально были наиболее представлены в возрастном и высотном распределениях. Вместе с тем имелись различия, обусловленные особенностями строения ельников и давностью рубки древостоев березы. Как отмечено выше, на объекте P_2 (ДР = 12 лет) отпад на ПП был относительно небольшим (до 21 %) и происходил в основном в подросте. Это хорошо видно при сравнении кривых распределения растущих и погибших деревьев. Диапазоны высоты этих деревьев существенно не отличались, разница составляла всего 2 м.

На объекте P_{20} в ельниках значительно (75 %) преобладали деревья высотой больше 4 м (во втором и первом ярусах древостоя). Этим объясняется более компактное, чем на других объектах, распределение деревьев по возрасту и высоте. Пологая вершина кривой распределения свидетельствует об отпаде деревьев как в подросте, так и втором ярусе древостоя.

Ельники на объекте T_{20} (ДР = 20...30 лет) по структуре отпада деревьев существенно отличаются от других объектов. Это обусловлено сравнительно небольшой разницей в представленности деревьев подроста (56 %) и верхних ярусов в древостое. Отпад деревьев происходил в основном в подросте ели, средний возраст которой 30 лет. Диапазоны высот растущих и погибших деревьев существенно отличаются, у последних диапазон меньше на 11 м (рис. 1).

Приведенный анализ дает представление о распределении погибших деревьев в популяции ели в целом по возрасту и высоте. Кроме этого, был определен периодический отпад за 10 лет в возрастных и высотных группах с интервалом соответственно 10 лет и 2 м. Периодический отпад в каждой группе определяется долей (процентом) погибших за 10-летний (межучетный) период в количестве растущих деревьев в начале этого периода.

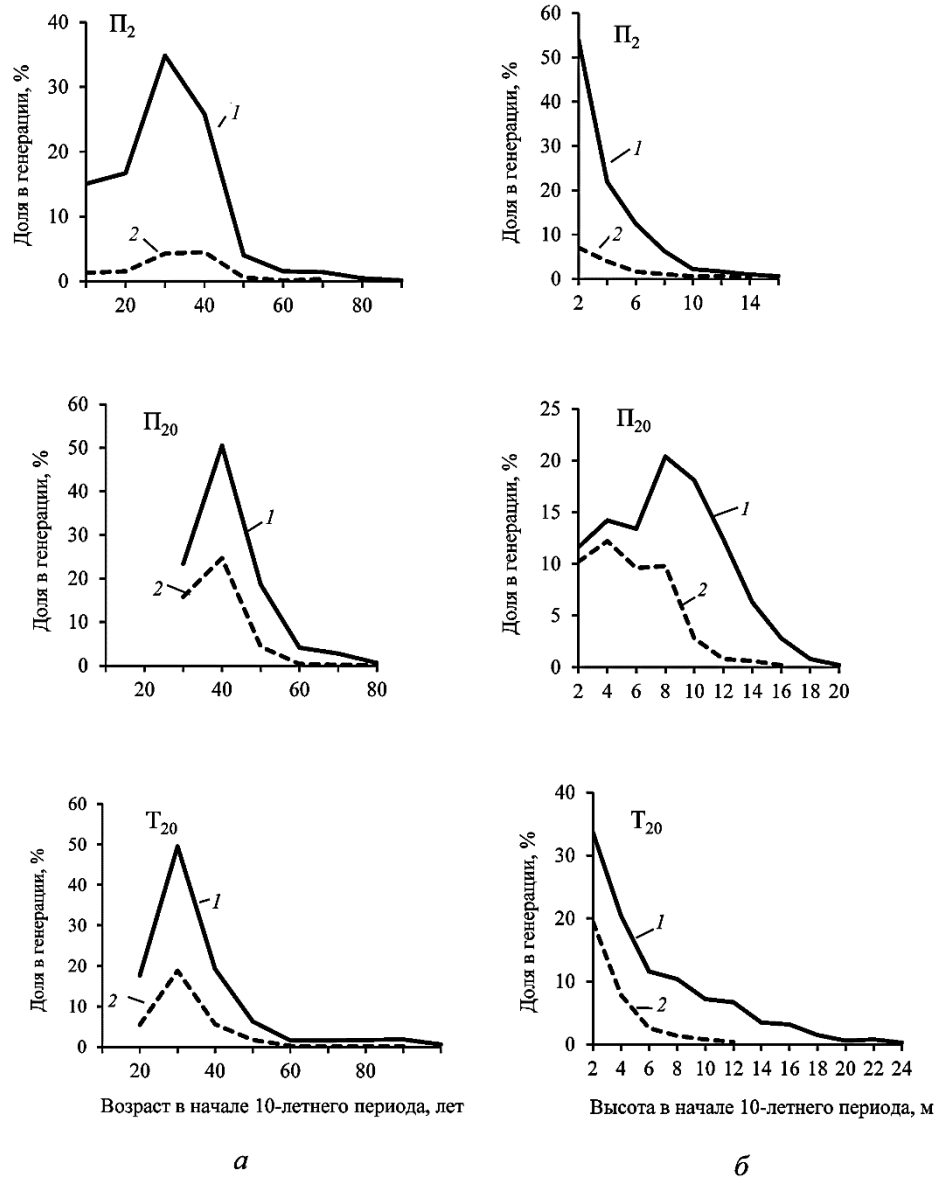


Рис. 1. Распределение по возрасту (а) и высоте (б) деревьев ели предварительной генерации, растущих в начале 10-летнего периода (1) и погибших за 10 лет (2), на объектах с давностью рубки древостоев березы 2...12 (Π_2) и 20...30 лет (Π_{20} , T_{20})

По возрастной динамике периодического отпада деревьев выделяется объект Π_2 (ДР до 12 лет). Здесь в течение десяти лет доля погибших деревьев увеличивалась с повышением возраста ели. В возрастном интервале 61...70 лет отпад составлял 27 % (рис. 2, а). В интервале до 40 лет это значение изменялось

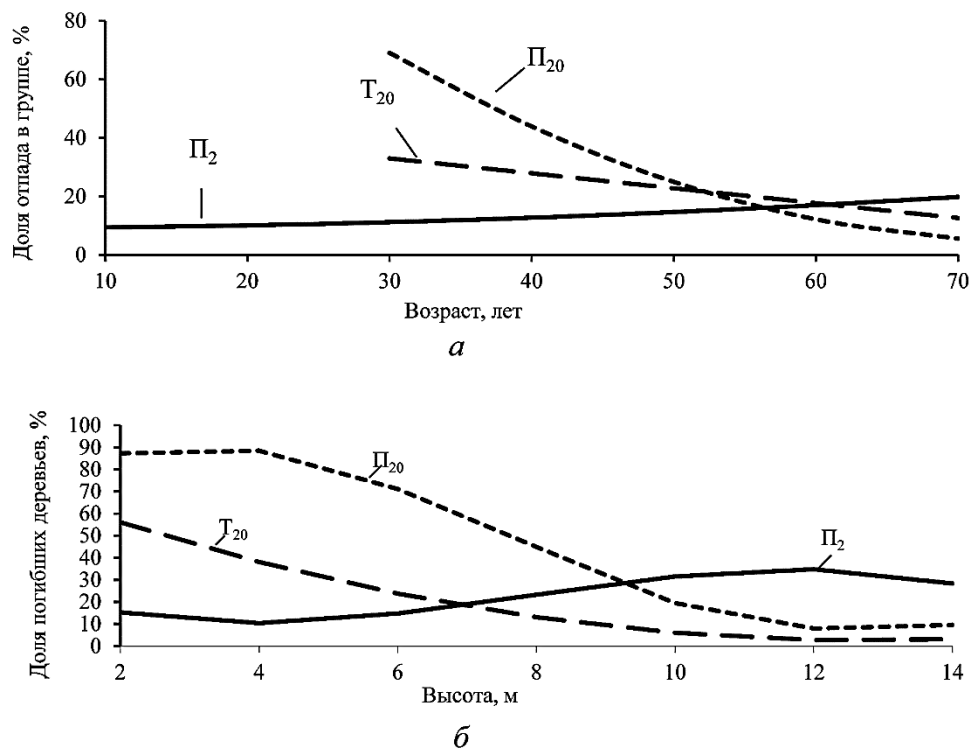


Рис. 2. Связь периодического (за 10 лет) отпада деревьев ели при давности рубки древостоев березы 2...12 лет (Π_2) и 20...30 лет (Π_{20} , T_{20}): *a* – с возрастом, *б* – с высотой

от 9 до 17 %. На объектах Π_{20} и T_{20} наблюдается обратная тенденция: периодический отпад уменьшается с повышением возраста ели. Подобная тенденция отмечена и в отношении изменения периодического отпада в связи с высотой деревьев: на объекте Π_2 он возрастает с увеличением высоты деревьев, на других объектах – уменьшается (рис. 2, б). Зависимости характеризуются умеренной и сильной степенями связи, коэффициенты детерминации $R^2 = 0,6 \dots 0,9$. Сходство направлений изменения периодического отпада в возрастных и высотных группах деревьев определяется зависимостью высоты от возраста ели, коэффициент корреляции равен 0,6.

При давности рубки древостоев березы до 10 лет увеличение периодического отпада с повышением возраста и высоты ели обусловлено главным образом повреждением деревьев при проведении лесосечных работ. Чем старше и соответственно выше деревья, тем больше вероятность их повреждения. Доля поврежденных деревьев изменялась от 30 (в возрастном интервале 21...40 лет) до 82 % (41...70 лет). На объектах Π_{20} и T_{20} в этих возрастных интервалах такого существенного различия (52 %) не наблюдалось, разница не превышала 11 %.

Подобная тенденция отмечена и в отношении деревьев разных высотных групп. На объекте П₂ доля поврежденных деревьев увеличивается с 58 (в высотном интервале 4...7 м) до 79 % (в интервале 7...12 м). На объектах П₂₀ и Т₂₀ эта разница не превышала 8 %. При этом здесь, в отличие от П₂, гибель деревьев была в основном обусловлена падением деревьев мелколиственных пород, оставленных при рубке древостоев.

Таким образом, в начальный период после рубки древостоев березы динамика периодического отпада ели определяется повреждением (в процессе лесосечных работ) деревьев старшего возраста, имеющих высоту более 7 м. В целом же доля таких деревьев в общем количестве погибших за 10 лет деревьев невелика (см. рис. 1, П₂). Поэтому отпад деревьев здесь обусловлен в основном особенностями адаптации ели к условиям среды, изменившимся после рубки древостоев березы. На объекте П₂ (ДР до 12 лет) около 50 % изначально ослабленных деревьев ели через 10 лет имели нормальное состояние, обратное отмечено в 25 % случаев. На объектах П₂₀ и Т₂₀ (ДР = 20...30 лет) такая динамика не прослеживалась, часть деревьев (около 20 %), изначально имевших нормальное состояние, через 10 лет перешли в категорию ослабленных. Напряженность конкурентных отношений, существенно обуславливающая отпад ели, отражает показатель сомкнутости крон деревьев (*Ск*), равный отношению суммы площадей горизонтальной проекции крон всех деревьев к площади ПП. На пробных площадях значения этого показателя были определены по выделенным ярусам древостоя ели. Он не всегда зависит от густоты популяции ели. Так, на ПП-15 (ДР = 2 года) значение *Ск* было минимальным (0,5) при большой густоте подроста ели (4,6 тыс. шт./га), значительном преобладании его в популяции (90 %) и средней высоте ели 1,2 м. Отпад деревьев в подросте был минимальным и составлял 8 % (табл. 5). При небольшой сомкнутости крон, что часто наблюдается в начальный период после рубки древостоев березы, конкуренция между особями не выражена и не является главной причиной отпада деревьев. При давности рубки более 10 лет, вследствие высоких темпов роста ели, сомкнутость крон повышается и зависит от густоты ели предварительной генерации и вертикального строения древостоя. Так, на объектах П₂₀ и Т₂₀ (ДР = 20 лет) с увеличением густоты (в 1-й учет) соответственно от 3,2 до 5,1 тыс. шт./га и доли деревьев первого и второго ярусов от 44 до 74 % общая сомкнутость крон повышается от 1,0 до 1,4, в том числе сомкнутость крон деревьев этих ярусов – от 0,7 до 1,3. Для сравнения отметим, что сомкнутость крон превышала сомкнутость полога в 1,6 (ПП-22) и в 2 раза (ПП-23). Во втором ярусе образуется «экран», через который прямой солнечный свет не проникает. По средней высоте деревьев этот ярус превышает подрост в 3–5 раз, что определяет сильное затенение и большой отпад ели в последнем. Примерно через 10 лет после рубки древостоев березы отпад деревьев в ельниках обусловлен в основном напряженностью конкурентных отношений в популяции ели. Главный лимитирующий фактор – дефицит светового ресурса, который возрастает от верхнего яруса древостоя к нижнему.

Влияние сомкнутости крон на отпад деревьев ели в предварительной генерации подтверждается следующими зависимостями:

количество погибших деревьев подроста (N_{II}^0) от сомкнутости крон всех елей в генерации (Ck):

$$N_{II}^0 = -0,14 + 0,98Ck; R^2 = 0,8; F = 23,4 > F_{0,05} = 6,9;$$

количество погибших деревьев первого и второго ярусов (N_V^0 , тыс. шт./га) от сомкнутости крон елей этих ярусов (Ck_V):

$$N_V^0 = 0,16 + 0,7 Ck_V^{0,79}, R^2 = 0,9, F = 184,9 > F_{0,05} = 6,9.$$

Приведенные зависимости показывают, что с увеличением сомкнутости крон в рассматриваемых вариантах отпад деревьев ели предварительной генерации возрастает.

В целях выбора показателя для оценки вероятности отпада ели предварительной генерации был проведен корреляционный анализ между следующими характеристиками деревьев: высотой (H), возрастом (A), радиусом (Rk), площадью горизонтальной проекции (Sk) и относительной протяженностью (Lk_0) крон. Последний (Lk_0) определялся отношением протяженности крон к H . Анализ выполнен для двух высотных градаций деревьев: менее 4,1 м (подрост) и 4,1...13,0 м (второй ярус). В него включены данные измерений указанных параметров соответственно у 3444 и 2436 деревьев, не имеющих существенных повреждений ствола и крон. Результаты приведены в табл. 6: в нижней части (от значений **1,00**) – для подроста, в верхней части – для второго яруса ели.

Таблица 6

Корреляционная матрица связи характеристик деревьев

Характеристики деревьев	H	A	Rk	Sk	Lk_0
H	1,00	0,62	0,72	0,71	0,13
A	0,57	1,00	0,53	0,56	-0,25
Rk	0,84	0,56	1,00	0,97	0,34
Sk	0,78	0,48	0,96	1,00	0,28
Lk_0	0,29	-0,27	0,34	0,34	1,00

Из приведенных данных следует, что характеристики, имеющие абсолютные значения (H, A, Rk, Sk), взаимно связаны ($r = 0,48...0,90$). По силе связи с ними отличается относительный показатель Lk_0 . Значения коэффициентов корреляции (0,34 и менее) свидетельствуют об очень слабой связи его с другими характеристиками. Показатель Lk_0 был использован в анализе отпада деревьев ели предварительной генерации.

На рис. 3 показано изменение периодического отпада деревьев ели в связи с относительной протяженностью крон деревьев ели.

Установлено, что на всех объектах периодический отпад деревьев ели предварительной генерации снижается по мере увеличения относительной протяженности крон ели. Наиболее четко это выражено на объектах Π_{20} и T_{20} , где отмирание ели обусловлено высокой сомкнутостью крон (1,0...1,4). На объекте Π_2 с увеличением Lk_0 периодический отпад уменьшается постепенно.

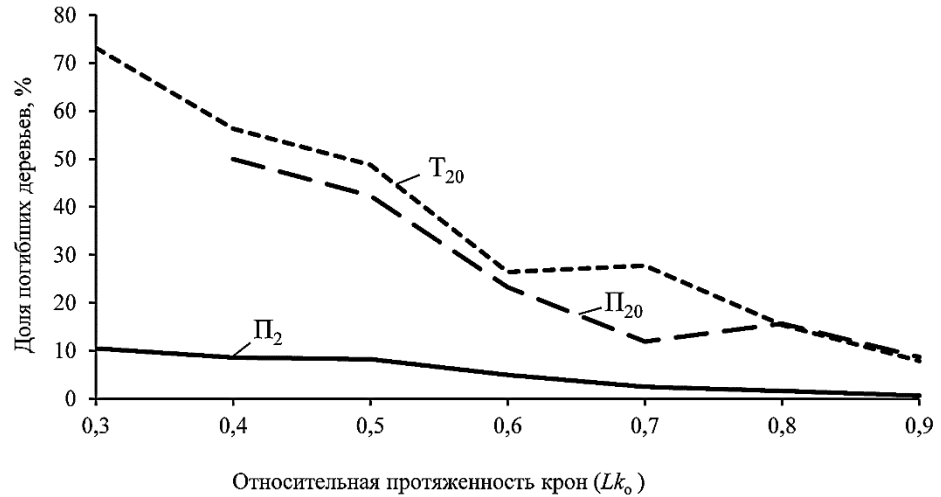


Рис. 3. Связь периодического (за 10 лет) отпада деревьев, имеющих изначально нормальное состояние, с относительной протяженностью крон ели при давности рубки древостоев березы 2...12 (Π_2) и 20...30 лет (Π_{20} , T_{20})

Такая динамика отпада объясняется относительно небольшой сомкнутостью крон ели в начальный период после рубки березы и постепенным увеличением параметров крон после адаптации ели к измененным условиям среды. В целом анализ показал, что значительная часть деревьев с относительной протяженностью кроны 0,5 и менее отмирает в течение 10 лет. Изначально эти деревья имели нормальное состояние.

Выводы

1. Отпад деревьев в насаждениях, формирующихся после рубки древостоев березы с сохранением ели предварительной генерации, обусловлен комплексом взаимодействующих абиотических и биотических факторов, изменяющихся после удаления верхнего полога мелколиственного древостоя. Влияние этих факторов на отпад деревьев проявляется неоднозначно в разные периоды, определяемые давностью рубки древостоев березы.

2. В начальный 10-летний период отпад главным образом определяется особенностью адаптации ели предварительной генерации к условиям вырубki и повреждением ее при рубке древостоев березы, а также гибелью особей в последующей генерации древесных пород. Это обусловлено в основном следующими факторами: густотой, вертикальным строением и пространственной структурой популяции ели под пологом вырубаемого березняка, количеством, состоянием и размещением деревьев ели и мелколиственных пород, сохранившихся после рубки древостоя березы. При давности рубки более 10 лет отпад деревьев ели предварительной генерации зависит главным образом от повышения напряженности конкурентных отношений. Это определяется интенсивным ростом ели, повышением сомкнутости крон и, как следствие, увеличением темпа дифференциации деревьев по росту и развитию.

3. В кислотно-черничной группе типов леса в течение 20 лет после сплошной рубки древостоев березы преобладающая часть оставленных тонкомерных деревьев ели погибает. Главная роль в формировании ельников на пасечных участках (между волоками) принадлежит подросту ели, при сохранении не менее 3 тыс. шт./га деревьев и их относительно равномерном размещении. Последующее возобновление ели происходит в основном на волоках. Гибель ее за 10 лет значительная (не менее 50 %). Здесь в перспективе возможно естественное восстановление лиственнично-еловых и елово-лиственничных древостоев.

4. Для повышения доли ели в составе насаждений целесообразно через 5 лет после рубки древостоев березы удалять деревья мелколиственных пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дерюгин А.А., Рубцов М.В., Серяков А.Д. Рост ели после рубки березняков в южной тайге // Лесн. хоз-во. 2000. № 5. С. 30–31.
2. Дерюгин А.А., Серяков А.Д. Адаптация подпологовой ели к условиям выруб-ки в подзоне южной тайги // Лесохозяйственная информация. 2002. № 8. С. 12–17.
3. Орлов А.Я., Ильюшенко А.Ф. Состояние подроста ели на сплошных вырубках в березняках южной тайги // Лесоведение. 1982. № 1. С. 18–25.
4. Орлов А.Я. Почвенно-экологические основы лесоводства в южной тайге. М.: Наука, 1991. 104 с.
5. Орлов А.Я., Серяков А.Д. Формирование еловых древостоев из подроста на вырубках мелколиственных лесов // Лесн. хоз-во. 1991. № 1. С. 23–25.
6. Рубцов М.В., Дерюгин А.А. Динамика возрастной структуры популяции ели под пологом южно-таежных березняков Русской равнины // Хвойные бореальной зоны. 2013. Т. XXXI, № 1-2. С. 9–14.
7. Рубцов М.В., Дерюгин А.А., Никитин А.П., Серяков А.Д. Возрастная структу-ра популяции ели на вырубках с сохраненным еловым подростом // Лесоведение. 2001. № 5. С. 68–71.
8. Рубцов М.В., Дерюгин А.А. Рост ели под пологом южно-таежных березняков и после рубки их с сохранением подроста // Лесн. журн. 2007. № 2. С. 19–27. (Изв. высш. учеб. заведений).
9. Рубцов М.В., Дерюгин А.А., Серяков А.Д. Закономерности роста ели после рубки верхнего яруса березы // Лесоведение. 2005. № 6. С. 44–53.
10. Рубцов М.В., Никитин А.П., Дерюгин А.А. Поражение гнилью ели в процес-се формирования ее популяции под пологом южно-таежных березняков // Строение, свойства и качество древесины: тр. IV Междунар. симпозиума. СПб., 2004. Т. II. С. 456–457.

Поступила 21.04.2015

UDC 630*181.9:630*182.2

Mortality of Trees after a Birch Cutting with Preservation of Spruce in Southern Taiga in the Centre of the Russian Plain

M.V. Rubtsov, *Doctor of Agriculture, Professor*

A.A. Deryugin, *Candidate of Agriculture, Senior Research Officer*

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences, Sovetskaya, str. 21, Uspenskoe, Moscow Region, 143030, Russia; e-mail: mivlarub@mail.ru

Long-term observations on the permanent experimental surfaces have been established trends of trees mortality in initial period (10 years) and after 20...30 years since clearcutting of 45...75 years old birch forests with preservation of spruce with preliminary generation. Cuttings were held in high productive southern-taiga birch forests of oxalidosum-myrtillosum group. Trees renewal occurs mainly on skidding tracks between lots of spruce of preliminary generation. Aspen abundantly restores by root suckers after a cutting and soon dies (85 %) because of natural thinning and repeated damages by elks. Regeneration of small-leaved trees in 20...30 years after cutting accounts and mostly is represented by birch. In this generation, there is a high mortality rate (85 %) due to shading by upper trees. Spruce renewal mainly occurs on skidding tracks. Over 20 years after cutting the amount of spruces (higher than 0.1 m) has changed from 2.0 to 11.3 thsnd. pcs. ha⁻¹. In next 10 years mortality of spruce averaged 55 %. The main reason of death was shading by upper trees. In initial period after birch cutting a mortality among them did not exceed 20 % (mainly spruce, unable to adapt to new conditions and damaged). Later, mortality increases till 30...45 % due to the competition for light resource: tree feels deficiency of light more heavily than it lower within canopy. Weakened, stunted spruce, mainly with relative length of crown – not more than 0.5, dies. Quantity of died spruces directly depends on the canopy density of spruce of preliminary generation. Spruces left after cutting of birch stands play the main role in formation of the future forests.

Keywords: southern taiga, birch forest, cutting with preservation of spruce, trees mortality, main inputs.

REFERENCES

1. Deryugin A.A., Rubtsov M.V., Seryakov A.D. Rost eli posle rubki bereznyakov v yuzhnoy tayge [Growth of Spruce After Cutting of Birch Forests in Southern Taiga]. *Lesnoe khozyastvo*, 2000, no. 5, pp. 30–31.
2. Deryugin A.A., Seryakov A.D. Adaptatsiya podpologovoy eli k usloviyam vyrubki v podzone yuzhnoy taygi [Adaptation of Subordinate Spruce to Felling Conditions in Southern Taiga]. *Lesokhozyaystvennaya informatsiya*, 2002, no. 8, pp. 12–17.
3. Orlov A.Ya., Il'yushenko A.F. Sostoyanie podrosta eli na sploshnykh vyrubkakh v bereznyakakh yuzhnoy taygi [State of Spruce Renewal on Clear Felled Areas in Birch Forests of Southern Taiga]. *Lesovedenie*, 1982, no. 1, pp. 18–25.
4. Orlov A.Ya. *Pochvenno-ekologicheskie osnovy lesovodstva v yuzhnoy tayge* [Soil-Ecology Bases of Forestry in Southern Taiga]. Moscow, 1991. 104 p.
5. Orlov A.Ya., Seryakov A.D. Formirovanie elovykh drevostoev iz podrosta na vyrubkakh melkolistvennykh lesov [Formation of Spruce Forests from Renewal After Cutting of Small-Leaved Forests]. *Lesnoe khozyastvo*, 1991, no. 1, pp. 23–25.

6. Rubtsov M.V., Deryugin A.A. Dinamika vozrastnoy struktury populyatsii eli pod pologom yuzhno-taezhnykh bereznyakov Russkoy ravniny [Dynamics of Age Structure of Spruce Population Under the Canopy of Southern Taiga Birch Fores of the Russian Plain]. *Khvoynye boreal'noy zony*, 2013, Vol. XXXI, no. 1–2, pp. 9–14.

7. Rubtsov M.V., Deryugin A.A., Nikitin A.P., Seryakov A.D. Vozrastnaya struktura populyatsii eli na vyrbkakh s sokhrannym elovym podrostom [Age Structure of Spruce Population on Felled Areas with Saved Spruce Young Growth]. *Lesovedenie*, 2001, no. 5, pp. 68–71.

8. Rubtsov M.V., Deryugin A.A. Rost eli pod pologom yuzhno-taezhnykh bereznyakov i posle rubki ikh s sokhraneniem podrosta [The Growth of Spruces Under a Canopy of Southern-Taiga Birch Forests and After their Cutting with the Regrowth Preservation]. *Lesnoy zhurnal*, 2007, no. 2, pp. 19–27.

9. Rubtsov M.V., Deryugin A.A., Seryakov A.D. Zakonomernosti rosta eli posle rubki verkhnego yarusa berezy [Regularity of Spruce Growth After Cutting of the Upper Conopy of Birch]. *Lesovedenie*, 2005, no. 6, pp. 44–53.

10. Rubtsov M.V., Nikitin A.P., Deryugin A.A. Porazhenie gnil'yu eli v protsesse formirovaniya ee populyatsii pod pologom yuzhno-taezhnykh bereznyakov [Rot Damage of Spruce During Formation of Population Under the Canopy of Birch Forests in Southern Taiga]. *Stroenie, svoystva i kachestvo drevesiny – Tr. IV Mezhdun. simpoziuma* [Construction, Features and Quantity of Wood. Proc. IV Int. Simposium]. Saint Petersburg, 2004, vol. II, pp. 456–457.

Received on April 21, 2015

DOI:10.17238/issn0536-1036.2015.5.9