

ВЛИЯНИЕ РУБОК УХОДА РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА ОБЩУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ЕЛЬНИКОВ КИСЛИЧНЫХ

На примере постоянных пробных площадей с 80-летним сроком наблюдений в ельниках кисличных, пройденных рубками ухода разной интенсивности, анализируется динамика общей производительности древостоев. Отмечается, что наибольший прирост общей производительности наблюдается после проведения средних и сильных по интенсивности рубок ухода.

Ключевые слова: лесной фитоценоз, рубки ухода за лесом, еловые древостои, биокруговорот, общая производительность древостоев.

Одним из путей увеличения выхода продукции с единицы лесопокрытой площади и повышения ее качества является использование в практике рациональных систем ухода за лесом. В числе мер, направленных на решение этой задачи, особую роль можно отвести рубкам ухода за лесом. Основным интерес в качестве объекта лесовыращивания в системе рубок ухода представляют собой хвойные насаждения.

Целью данной работы было оценить влияние рубок ухода разной интенсивности на динамику общей производительности в чистых хвойных и смешанных древостоях.

Объектами исследования являлись постоянные пробные площади (ПП), заложенные в 1929 г. научным сотрудником А.В. Давыдовым и лесничим З.Я. Солнцевым по методике, подготовленной проф. В.В. Гуманном, на территории опытного лесного хозяйства «Сиверский лес» в Карташевском лесничестве Ленинградской области (серия ПП 1).

Были исследованы контрольный участок (ПП 1А) и объекты с рубками ухода (ПП 1В, 1С, 1D, 1Е) площадью по 0,25 га.

На пробной площади 1А рубки не проводились, здесь регулярно удалялся только сухостой.

На остальных объектах проводились рубки ухода разной интенсивности в несколько приемов. По интенсивности рубки ухода делили на слабые (с интенсивностью 15-24 %, индекс В), средние (25-34 %, индекс С), сильные (35-44 %, индекс D) и очень сильные (45 % и больше, индекс Е) (табл. 1).

На опытных участках с рубками ухода периодически удалялся сухостой, осина была полностью вырублена в год закладки, а береза – позже.

Почва на всех опытных участках – дермуллевая слабосреднеподзолистая супесчаная и легкосуглинистая на моренном валунном суглинке.

Характеристики объектов исследования на момент закладки пробных площадей и по данным последней таксации (2009 г.) показаны в табл. 2, 3.

Древостой является основным компонентом фитоценоза и выполняет три важнейшие функции:

1. Транспорт ресурсов.
2. Распределение ресурсов в лесной экосистеме.
3. Накопление ресурсов (древостоем синтезируется основная масса органического вещества).

Таблица 1

Интенсивность рубок ухода на объектах исследования

ПП 1А (контроль)	ПП 1В (слабая)	ПП 1С (средняя)	ПП 1D (сильная)	ПП 1Е (очень сильная)
Рубки ухода не проводились.	1929 г. – 14,6 %, 1934 г. – 15,8 %, 1939 г. – 7,4 %, 1960 г. – 4,9 %, 1970 г. – 26,8 %, 1975 г. – 5,0 %, 1979 г. – 27,9 %	1929 г. – 27,7 %, 1939 г. – 14,8 %, 1950 г. – 11,4 %, 1960 г. – 10,5 %, 1970 г. – 33,4 %, 1979 г. – 42 %	1929 г. – 38,3 %, 1939 г. – 9,6 %, 1950 г. – 8,8 %, 1954 г. – 8,8 %, 1960 г. – 19,3 %, 1970 г. – 25,2 %, 1979 г. – 35 %	1929 г. – 53,5 %, 1950 г. – 11,8 %, 1960 г. – 26,5 %, 1970 г. – 26,0 %, 1975 г. – 1,5 %, 1979 г. – 2,0 %, 1984 г. – 1,4 %

Таблица 2

Исходная характеристика объектов исследования (1929 г.)

Серия ПП	Число ПП	Состав древостоя по ярусам	Возраст	Класс бонитета	Тип леса
1	5	I ярус: 10Б+Ос+С II ярус: 10Е	43	Ia	Б.КС

Таблица 3

Характеристика объектов исследования по данным последней таксации (2009 г.)

Пробная площадь	Ярус	Состав древостоя	Возраст	Класс бонитета	Тип леса	Полнота	Запас, м ³ /га
1А (контроль)	I	10Б+Ос+С	123	Ia	Б.КС	0,9	384
	II	10Е		III		0,3	148
1В	I	9Е1С	123	II	Е.КС	0,5	301
1С	I	9Е1С	123	II	Е.КС	0,5	331
1D	I	8Е2С	123	II	Е.КС	0,6	321
1Е	I	10Е+С	123	II	Е.КС	0,7	432

Примечание. Б.КС – березняк кисличный, Е.КС – ельник кисличный.

Два первых аспекта позволяют дать экологическое обоснование использованию рубок ухода за лесом и касаются такой важной проблемы, какой является устойчивость лесных фитоценозов.

Изучение последнего аспекта дает выход на экономическую оценку эффективности данных мероприятий, связанную, прежде всего, с определением общей производительности древостоя.

По мнению, многих исследователей, между запасом ствола и общей массой всех фракций существуют тесные корреляционные связи. Поэтому общая производительность отражает итоговую продуктивность древостоя в общепринятом смысле – как разность между фотосинтетическим накоплением органического вещества и расходом на дыхание, что позволяет говорить о продуктивности древостоя на основе общей производительности [1, 2, 3].

В соответствии с программой исследований на опытных объектах детально анализировалась динамика общей производительности древостоев. В этих целях на пробных площадях с периодичностью в 5 лет проводилась их таксация методом сплошных пере-

тов, традиционным для исследовательских работ на данных объектах [4, 5]. Замер диаметров деревьев осуществлялся с точностью до 1 мм металлической мерной вилкой в двух взаимоперпендикулярных направлениях на высоте 1,3 м от шейки корня. В каждой ступени толщины (по породам) с помощью вышотомера измеряли высоту не менее 5 деревьев. Полученные данные выравнивались графически и использовались для определения разрядов высот по ступеням толщины. Запасы вычисляли по таблицам высот и объемов стволов (в коре) для древостоев Ленинградской, Архангельской и Вологодской областей [6].

Общая производительность определялась на момент последней таксации путем прибавления к значению общей производительности на момент предыдущей таксации величины, равной разнице запасов при последней и предыдущей таксации с добавлением вырубленного запаса и сухостоя за последний период.

На момент закладки пробных площадей общая производительность на всех объектах была приблизительно одинаковая и составляла в среднем 350 м³/га. Полученные результаты представлены в табл. 4, 5 и на рис. 1.

Динамика общей производительности в ельниках кисличных по вариантам опыта

Номер пробной площади	Год таксации	Запас, м ³ /га	Отпад, м ³ /га	Общая производительность		
				м ³ /га	в % к контролю	в % к III 1B (слабая рубка)
III А	1929	369	0	330	-	-
	1934	358	60,7	419	-	-
	1939	364	31,8	457	-	-
	1946	370	31,7	494	-	-
	1950	247	18,4	507	-	-
	1960	379	56,8	577	-	-
	1970	286	35,3	631	-	-
	1975	478	11,5	722	-	-
	1979	491	28,5	764	-	-
	1984	476	53,3	702	-	-
	1989	493	20,4	720	-	-
	1994	492	34,2	763	-	-
	1999	498	23,0	792	-	-
	2004	512	27,0	833	-	-
2009	522	20,3	864	-	-	
III 1B	1929	282	0	330	100	-
	1934	287	4,5	392	94	-
	1939	366	3,0	438	96	-
	1946	396	2,0	530	107	-
	1950	407	7,5	549	108	-
	1960	416	26,8	629	109	-
	1970	313	52,0	694	110	-
	1975	326	15,0	726	101	-
	1979	182	13,0	749	98	-
	1984	191	6,0	399	57	-
	1989	192	32,0	432	60	-
	1994	229	0	471	62	-
	1999	260	10,0	512	65	-
	2004	279	22,0	553	66	-
2009	301	2,0	577	67	-	
III 1C	1929	246	0	340	103	103
	1934	312	0,5	407	97	104
	1939	299	5,1	452	99	103
	1946	382	3,1	538	109	102
	1950	358	4,1	564	111	103
	1960	358	28,4	654	113	104
	1970	250	40,0	711	113	102
	1975	264	12,0	740	102	102
	1979	161	0	755	99	101
	1984	205	6,0	417	59	105
	1989	221	10,0	443	62	103
	1994	267	7,0	496	65	105
	1999	280	1,0	510	64	100
	2004	305	27,0	562	67	102
2009	331	0	588	68	102	

III. Современные технологии

Продолжение таблицы 4

ПП 1D	1929	220	0	356	108	108
	1934	283	0,2	417	100	106
	1939	293	1,8	460	101	105
	1946	383	4,9	554	112	105
	1950	381	2,9	593	117	108
	1960	323	32,2	660	114	105
	1970	264	23,0	714	113	103
	1975	288	13,0	750	104	103
	1979	306	6,0	781	102	104
	1984	256	2,0	444	63	111
	1989	247	26,0	461	64	107
	1994	271	32,0	517	68	110
	1999	283	7,0	536	68	105
	2004	317	24,0	594	71	107
	2009	321	0	603	70	105
ПП 1E	1929	152	0	327	99	99
	1934	222	0,1	394	94	101
	1939	263	0,6	435	95	99
	1946	342	0,1	515	104	97
	1950	343	1,7	564	111	103
	1960	293	15,1	660	114	105
	1970	238	22,0	710	113	102
	1975	260	4,0	740	102	102
	1979	231	10,0	397	52	53
	1984	275	6,0	448	64	112
	1989	306	0	493	68	114
	1994	339	3,4	529	69	112
	1999	358	5,0	553	70	108
	2004	402	2,0	599	72	108
	2009	432	0	629	73	109

Таблица 5

Динамика общей производительности в ельниках кисличных по вариантам опыта

Год	ПП 1А	ПП 1В	ПП 1С	ПП 1D	ПП 1E
1929	330	330	340	356	327
1934	419	392	407	417	394
1939	457	438	452	460	435
1946	494	530	538	554	515
1950	507	549	564	593	564
1960	577	629	654	660	660
1970	631	694	711	714	710
1975	722	726	740	750	740
1979	764	749	755	781	397
1984	702	399	417	444	448
1989	720	432	443	461	493
1994	763	471	496	517	529
1999	792	512	510	536	553
2004	833	553	562	594	599
2009	864	577	588	603	629

Примечание. Для сравнительного анализа были использованы материалы полевых учетов, полученные сотрудниками кафедры лесоводства Санкт-Петербургской лесотехнической академии.

мии под руководством С.Н. Сеннова и Е.С. Мельникова (до 2004 г.). Учет в 2004, 2009 гг. выполнен авторами статьи.

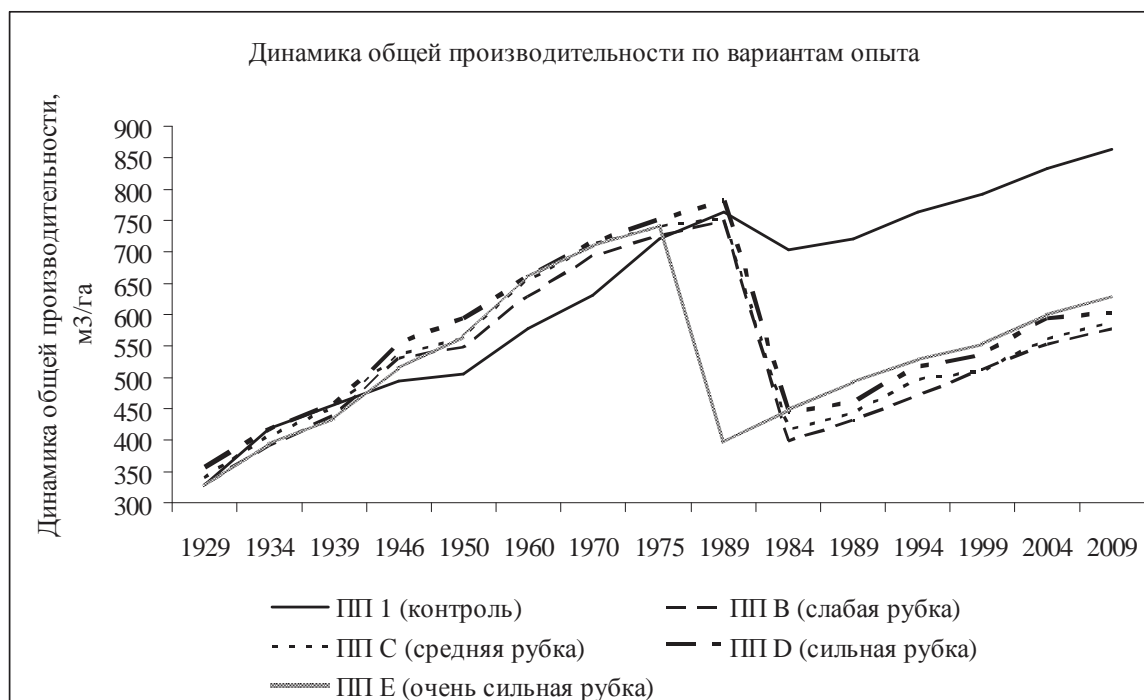


Рис. 1. Динамика общей производительности по вариантам опыта.

Рассмотрим динамику общей производительности в еловых насаждениях, пройденных рубками ухода разной интенсивности. Из анализа табл. 5 и рис. 1 видно, что рубки ухода в ельниках кисличных, проведенные в возрасте 40-45 лет (в средневозрастных древостоях), в течение первых 5 лет приводят к снижению общей производительности по сравнению с контрольным вариантом на 3-6 %. При этом следует отметить, что максимальное снижение общей производительности наблюдается на объектах слабой и очень сильной интенсивности (6 %), а минимальное – на участках после средних и сильных рубок ухода (3 и 0,2 % соответственно). Объясняется это следующими причинами.

1. В первые годы после разреживания в этих насаждениях наблюдается снижение биологической активности почвы и содержания в ней подвижного азота [3], что свидетельствует о «связывании» этого азота микроорганизмами.

2. В этот период наблюдается активное развитие и повышение продуктивности живого напочвенного покрова, что, в свою очередь, является результатом ослабления конкуренции со стороны древостоя и улучшения режима освещенности под пологом

[1, 2, 7]. За счет напочвенной растительности активизируется малый биокруговорот, связывающий часть высвобождающихся ресурсов. По данным предыдущих исследований аналогичная ситуация наблюдается и после других лесохозяйственных мероприятий, например после выборочных и сплошных рубок [8, 9]. Это позволяет выдвинуть гипотезу, что любые воздействия извне приводят к значительным структурным изменениям внутри лесного фитоценоза.

3. В древостое после разреживания происходят структурные изменения в надземной и подземной фитомассе. Соотношение между стволовой, кроновой и подземной фитомассой древостоя изменяется в пользу последних двух. При обычном определении запаса данное явление остается незамеченным. Между тем, такая реструктуризация сопровождается энергетическими и ресурсными затратами [1, 3].

Таким образом, затраты на структурные перестройки в древостое, усиленное развитие напочвенной растительности и резервирование части ресурсов в ризосфере приводят к снижению общей производительности древостоя. Таким путем реализуется ресурсосберегающая функция лесной экосистемы, и со временем происходит постепенное вовлечение сохраненных ресурсов в продукционный процесс, которое в дальнейшем должно было бы привести к

восстановлению общей производительности разреженного древостоя [1, 2].

На объектах исследования восстановление общей производительности древостоя, снизившейся по сравнению с контрольным вариантом в первые годы после рубок ухода, происходит уже через 5-10 лет на участках после рубок ухода средней и сильной интенсивности и через 15-20 лет после слабого и очень сильного ухода (табл. 5, рис. 1). В дальнейшем увеличение общей производительности по отношению к контролю наблюдалось в течение 30 лет (вплоть до возраста древостоя 70-75 лет).

К 1979-1984 гг. (возраст древостоя 85-90 лет) на объектах рубок ухода была полностью удалена береза, что привело к снижению общей производительности по сравнению с контрольным участком на 37-48%. При этом, как уже отмечалось выше, максимальное снижение общей производительности опять наблюдалось на объектах слабой и очень сильной интенсивности (43 и 48% соответственно), а минимальное – на участках после средних и сильных рубок ухода (41 и 37%).

На конец периода наблюдений (2009 г.) общая производительность древостоев так и не смогла восстановиться по сравнению с контрольным вариантом, где преобладала береза. Эти результаты еще раз подтверждают выводы многих исследователей, что невозможно повысить общую производительность только рубками ухода [1, 2, 10].

Однако следует отметить, что за период с 1979 г. по 2009 г. снижение общей производительности на объектах рубок ухода по сравнению с контролем сократилось в среднем в 1,5 раза. На 2009 г. оно составило от 32 до 27%. Наименьшая разница в величинах общей производительности на объектах рубок ухода и контрольном участке наблюдалась после рубок сильной и очень сильной интенсивности.

Это позволяет нам выдвинуть гипотезу о том, что на конечную величину общей производительности в ельниках кисличных большое влияние оказывает интенсивность рубки. Проанализируем полученные результаты исследования.

В связи с тем, что на объектах рубок ухода к 1979-1984 гг. лиственные породы были полностью удалены, на конец периода наблюдений (2009 г.) исследовалась общая

производительность только елового яруса как на контроле, так и на пробных площадях после рубок ухода.

На всех опытных участках, пройденных рубками ухода (ПП 1B, 1C, 1D, 1E), общая производительность елового древостоя в 1,5-2 раза превышает аналогичную величину на контроле (ПП 1A) и варьируется от 577 до 629 м³/га (рис. 2).



Рис. 2. Общая производительность древостоев по вариантам опыта.

Данное явление, вероятно, можно объяснить тем, что, как говорилось уже выше, на пробной площади 1A (контроль) рубки не проводились, здесь регулярно удалялся только сухостой. В результате березовый древостой I яруса интенсивно развивался, угнетая еловое насаждение, находящееся во втором ярусе.

На опытных же участках с рубками ухода периодически удалялся сухостой, осина была полностью вырублена в год закладки, а береза позже, что, в свою очередь, способствовало активному росту и развитию ели.

Однако следует подчеркнуть, что суммарная общая производительность первого (березового) и второго (елового) ярусов на контроле в 1,5-1,7 раз превышает общую производительность на объектах рубок ухода.

Таким образом, в практических целях можно рекомендовать для получения высокопродуктивного смешанного лиственно-елового древостоя проводить рубки ухода слабой интенсивности. Для выращивания ценного хвойного древостоя, как показывают данные исследования, следует полностью удалять лиственный ярус к возрасту ели 60 лет.

Несколько иная картина наблюдается при сравнении общей производительности на участках, пройденных рубками ухода разной интенсивности (табл. 3, 6).

Таблица 6

Изменение общей производительности за 80 лет в древостоях после рубок ухода разной интенсивности

Пробная площадь	Изменение общей производительности за 80 лет, в % к ПП 1В (рубка ухода слабой интенсивности)
1В	-
1С	+1,9
1D	+4,5
1Е	+9,0

Анализ данных табл. 6 показывает, что при повышении интенсивности рубки ухода на каждые 10 % общая производительность возрастает в среднем на 3 %. При этом следует отметить, что наибольший прирост общей производительности отмечается после проведения средних и сильных по интенсивности рубок ухода.

Однако учитывая, что в величину общей производительности входит не только запас

растущего древостоя, но и отпад, необходимо проанализировать, как влияет интенсивность рубки ухода именно на этот показатель, и только с учетом полученных данных можно будет дать более обоснованные рекомендации по применению слабых, средних или сильных по интенсивности рубок ухода на практике. Проанализируем динамику отпада в ельниках кисличных за 80 лет наблюдений (табл. 7).

Таблица 7

Распределение отпада в ельниках кисличных по годам и вариантам опыта

Год	Отпад, м ³ /га				
	ПП 1А (контроль)	Степень интенсивности рубки			
		ПП 1В (слабая)	ПП 1С (средняя)	ПП 1D (сильная)	ПП 1Е (очень сильная)
1934	60,7	4,5	0,5	0,2	0,1
1939	31,8	3,0	5,1	1,8	0,6
1946	31,7	2,6	3,1	4,9	0,1
1950	18,4	7,5	4,1	2,9	1,7
1954	0	20,9	15,5	7,7	7,3
1960	56,8	26,8	28,4	32,2	15,1
1970	35,3	52,0	40,0	23,0	22,0
1975	11,5	15,0	12,0	13,0	4,0
1979	28,5	13,0	0	6,0	10,0
1984	53,3	6,0	6,0	2,0	6,0
1989	20,4	32,0	10,0	26,0	0
1994	34,2	0	7,0	32,0	3,4
1999	23,0	10,0	1,0	7,0	5,0
2004	27,0	22,0	27,0	24,0	2,0
2009	20,3	2,0	0	0	0

Анализ данных табл. 7 позволяет оценить, как изменяется величина отпада после каждого приема рубок ухода.

Как видно, во всех 40-летних древостоях, пройденных рубкой ухода в 1929 г., через 5 лет наблюдается снижение величины отпада по сравнению с контрольным вариантом в 12-60 раз, в зависимости от интенсивности рубки. Наибольший отпад был зафиксирован на ПП 1В со слабой рубкой и составил 4,5 м³/га, что более чем в 12 раз ниже отпада на контроле (60,7 м³/га). Наименьший отпад был отмечен на объектах, пройденных очень сильной (ПП 1Е) и сильной (ПП 1D) рубками и составил 0,1 и 0,2 м³/га соответственно, что почти в 60 раз ниже данных, зафиксированных на контроле. Промежуточное положение занимает пробная площадь 1С со средней интенсивностью рубки. Здесь отпад составляет 0,5 м³/га.

Следующий уход был проведен через 5 лет только на объекте 1В (была повторена рубка ухода слабой интенсивности). На объектах 1С, 1D и 1Е рубка ухода в этот год не проводилась. Как показали результаты исследований (рис. 1 – 5), рубка указанной интенсивности привела к снижению отпада по сравнению с контрольным вариантом в среднем в 10 раз, а по сравнению с участком, на котором была проведена рубка средней интенсивности, в 1,5 раза. По сравнению с объектами 1D и 1Е (сильная и очень сильная интенсивность рубки ухода) отпад оказался в среднем в 1,5-2 раза выше. Это позволяет нам предположить, что не имеет смысла проводить рубки ухода слабой интенсивности каждые пять лет. Целесообразнее и с экономической, и с лесоводственной точки зрения, проводить рубки сильной или очень сильной интенсивности, но с повторяемостью в 10-20 лет.

Это предположение подтверждают и рубки ухода, проведенные на объектах 1В, 1С и 1D в 1939 г., после которых величина отпада по-прежнему оказалась в 2-4 раза выше по сравнению с отпадом на пробной площади 1Е, где рубки ухода не проводились вплоть до 1950 г. (рис. 1 – 5).

Дальнейший анализ рис. 1 – 5 показывает, что максимальный отпад независимо от варианта опыта наблюдается в возрасте древостоя 70-75 лет (1960-1970 гг.), что связано, на наш взгляд, с обострением в древостое конкуренции за свет, воду и элементы питания. Рубки

ухода за лесом, проведенные в этот период, приводят к уменьшению величины отпада. При этом максимальное снижение отпада отмечается на объекте 1Е с очень сильной интенсивностью рубки.

Следует также отметить, что последствие рубок ухода на объектах со слабой и сильной интенсивностью рубок продолжается до 15 лет, а на участках со средней и очень сильной интенсивностью – по настоящее время (2009 г.). Таким образом, проведение рубок средней или очень сильной интенсивности предпочтительнее по сравнению с остальными вариантами опыта.

Подводя итоги вышесказанному, проанализируем итоговый отпад в древостоях за 80 лет наблюдений (рис. 3).

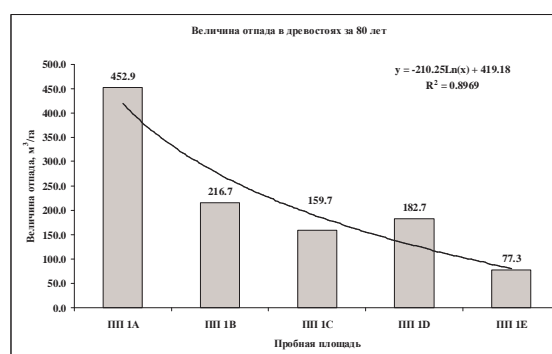


Рис. 3. Отпад в ельниках за 80 лет.

Данные рис. 3 показывают, что в целом отпад за 80 лет в ельниках кисличных, пройденных рубками ухода за лесом (ПП 1В, 1С, 1D и 1Е), в 2-6 раз ниже, чем на контроле.

Это еще раз подтверждает необходимость регулярного ухода за лесом, о которой неоднократно говорили и говорят многие исследователи [1, 3, 4, 5, 10].

Кроме того, наибольшее снижение отпада отмечается на объектах с очень сильной (ПП 1Е) и средней интенсивностью рубки (ПП 1С).

Таким образом, в ельниках кисличных проведение рубок ухода средней или очень сильной интенсивности предпочтительнее по сравнению с остальными вариантами опыта, что подтверждают и результаты исследований общей производительности в указанных древостоях.

В заключение следует отметить, что возможности повышения общей производительности путем применения рубок ухода за лесом

ограничены. И эти возможности тем ниже, чем ближе конкретный древостой расположен к эдафическому оптимуму для данной лесо-

климатической зоны.

Литература

1. Беляева Н.В. Закономерности функционирования сосновых и еловых фитоценозов южной тайги на объектах комплексного ухода за лесом : дис. ...канд. с.-х. наук. СПб., 2006. 186 с.
2. Беляева Н.В. Общая производительность сосновых и еловых насаждений, пройденных комплексным уходом за лесом // Естественные и технические науки. 2005. № 3. С. 113-119.
3. Мельников Е.С. Лесоводственные основы теории и практики комплексного ухода за лесом: автореф. дис. ...д-ра с.-х. наук. СПб., 1999. 35 с.
4. Давыдов А.В. Рубки ухода за лесом. М.: Лесн. промышленность, 1971. 184 с.
5. Сеннов С.Н. Рубки ухода за лесом. М.: Лесн. промышленность, 1977. 160 с.
6. Третьяков Н.В., Горский П.В., Самойлович Г.Г. Справочник таксатора. М; Л.: Гослесбумиздат, 1952. 853 с.

7. Беляева Н.В., Григорьева О.И., Гетманенко Ю.Н. Влияние рубок ухода разной интенсивности на развитие живого напочвенного покрова // Актуальные проблемы развития лесного комплекса: материалы междунар. науч.-техн. конф. Вологда, 2010. С. 14-16.

8. Беляева Н.В., Пакконен Н.А. Структура живого напочвенного покрова после добровольно-выборочных и равномерно-постепенных рубок // Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. «Лесной комплекс: состояние и перспективы развития». Брянск, 2010. Вып. 26. С. 3-9.

9. Беляева Н.В., Григорьева О.И. Структурные изменения в живом напочвенном покрове после сплошных рубок, проведенных в комплексе с механической подсушкой осины // Изв. С.-Петерб. лесотехн. акад. СПб.: СПбГЛТА, 2010. Вып. 190. С. 15-24.

10. Сеннов С.Н. Уход за лесом (экологические основы). М.: Лесн. промышленность, 1984. 128 с.

УДК 528.3(21)

В.Г. Иванов

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАКОПЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ОШИБОК В НИВЕЛИРНОМ ХОДЕ

Проведено моделирование возможного накопления случайных ошибок в условном нивелирном ходе в сопоставлении с реальными накоплениями разностей d в ходах нивелирования I класса на предмет установления существенного систематического влияния.

Ключевые слова: разности d , случайные и систематические погрешности точности нивелирования.

Обязательной оценкой качества нивелирования I класса у нас в стране является подсчет накоплений разностей d [1, 2] и построение их графиков по каждой линии.

Для определения возможного накопления случайных ошибок в большом ряду наблюдений были взяты из таблиц [3] случайные числа, распределенные по нормальному закону Гаусса со среднеквадратической ошибкой (стандартом), равной единице. Из последовательно взятых 200 чисел образовали 100 раз-

ностей и получили их суммы. Таких групп из всех таблиц [3] мы смогли образовать 12.

Если рассматривать одну разность в виде погрешности на 1 км хода, то сумма всех разностей дает накопление по условной линии нивелирования протяженностью 1200 км. На рис. 1а видно, что сразу семь случайных положительных разностей дали резкое накопление, а дальше пошло монотонное уменьшение-увеличение, и к концу ряда накопления стали отрицательными.