

**А.П. Смирнов, А.А. Смирнов, Б.А. Монгуш**

**ПРОДУКТИВНОСТЬ ХВОЙНЫХ ДРЕВОСТОЕВ  
И ЕСТЕСТВЕННОЕ ВОЗОБНОВЛЕНИЕ НА ВЫРУБКАХ  
В СВЯЗИ С ПЛОДОРОДИЕМ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ**

*Введение.* Проблема зависимости продуктивности древостоев от плодородия лесных почв имеет давнюю историю. При этом плодородие рассматривалось в самых разных аспектах. Наряду с химическим и гранулометрическим составом минеральной части почв, их общей мощностью, водным и воздушным режимом и т. д., особое внимание почвоведов привлекали характеристики аккумулятивных горизонтов лесных почв, т. е. лесной подстилки и гумусового горизонта [Кравков, 1912; Тюрин, Пономарева, 1940; Благовидов, Бурков, 1959; Кошельков, 1961; Корнев, 1974; Чертов, 1977, 1981; Карпачевский, 1981; Богатырев, 1996; Соломатова, 2004; Мартыненко, 2011, Бахмет, 2014; Волков, 2015 и др.].

Тип гумуса – понятие, являющееся ровесником генетического докучавского почвоведения, было введено в конце XIX в. датским лесоводом П. Мюллером для обозначения морфологически различных типов разложения и гумификации органического вещества лесных почв [Чертов, 1981].

В нашей стране этому показателю пристальное внимание было уделено И.В. Тюриным и В.В. Пономарёвой (1940), которые обосновали выделение основных типов гумуса лесных почв. Н.Л. Благовидов и Г.Л. Бурков (1959) составили систематический список типов гумуса лесных почв и впервые использовали тип гумуса как классификационный признак при картировании лесных почв. Позднее О.Г. Чертовым была создана стройная классификация типов гумуса лесных почв таежной зоны [Чертов, 1977, 1981].

По О.Г. Чертову, тип гумуса лесных почв – это основа классификации аккумулятивных горизонтов лесных почв по морфологии подстилки и гумусового горизонта. Тип гумуса отражает направленность процессов минерализации и гумификации опада, интенсивность биологического круговорота и актуальное (эффективное) плодородие лесных почв.

Известно, что в неблагоприятных экологических условиях (переувлажнение, высокая кислотность и др.) на поверхности почвы формируется мощная лесная подстилка (при переувлажнении – оторфованная), что свя-

зано с низкой биологической активностью в почвах. В благоприятных условиях поступающее в почву органическое вещество активно преобразовывается почвенной фауной и микроорганизмами, достаточно быстро проходит стадии разложения и трансформации. В результате формируется небольшая по мощности лесная подстилка, а основная доля органического вещества сосредоточена в гумусовом горизонте [Бахмет, 2014]. При этом мощность подстилки – один из самых доступных для количественной оценки признаков, и поэтому он часто используется в классификациях типов гумуса [Кошельков, 1961].

*Цель исследования* – выявить влияние плодородия лесных почв на продуктивность насаждений, а также на характеристики подроста на вырубках Ленинградской области.

*Методика исследования.* Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства разработал Концепцию интенсивного использования и воспроизводства лесов [Концепция..., 2015]. В рамках реализации этой концепции, для составления таблиц хода роста и подготовки нормативов по рубкам ухода в Балтийско-Белозерском таежном районе, в насаждениях были заложены пробные площади (ПП). Кроме того, на вырубках проводилась оценка успешности последующего естественного возобновления.

Полевые материалы были собраны на Карельском перешейке – на территории Приозерского, Рощинского и Северо-Западного лесничеств, а также в Кировском, Киришском, Волховском и Всеволожском лесничествах Ленинградской области.

Подбирались древостои разного возраста, от 30 до 120 лет, чистые или условно чистые по составу (не менее 7 единиц главной породы), без следов хозяйственных и прочих воздействий – рубок, мелиораций, интенсивной рекреационной нагрузки, ветровалов, буреломов, лесных пожаров. Форма ПП прямоугольная, её размер должен был обеспечить присутствие не менее 20 деревьев основного элемента леса. Лесотаксационные работы на ПП проводились по общепринятым методикам [Никифорчин и др., 2011]. В результате обработки полевых данных специально разработанной сотрудниками СПбНИИЛХ компьютерной программой определялись таксационные характеристики для каждого элемента леса и насаждения в целом.

Подрост изучали на сплошных вырубках 5–15-летней давности, без создания лесных культур, рубок ухода и лесных пожаров. Давность вырубок обоснована тем, что в Северо-Западном регионе окончательное возобновление хвойными породами формируется во втором пятилетии после рубки

[Калиниченко и др., 1991]. Сохранённый подрост предварительного возобновления на вырубках не должен был превышать 2 тыс. экз./ га. Исходный тип леса и тип условий местопроизрастания (ТУМ) определяли по прилегающим насаждениям и почве; преобладающую породу срубленного леса – по пням. Минимальная площадь вырубки – 3 га.

Методика учёта естественного возобновления заключалась в закладке на каждой вырубке 40 круговых учётных площадок (УП) размером 10 м<sup>2</sup>, равномерно размещенных по вырубке [Мартынов, 1995]. Если площадка приходилась на группу подроста предварительного возобновления, закладка УП происходила со смещением в сторону от ходовой линии.

На каждой УП проводили сплошной переcчёт подростa, включая лиственные породы. Поросль от пня фиксировалась как отдельные экземпляры. Подрост предварительного возобновления и самосев до 2 лет не учитывались. На всех учётных площадках проводили также количественный учёт подлеска (по видам) и травяного покрова (видовой состав и доля проективного покрытия).

На всех ПП и на каждой из вырубок (на ненарушенной рубкой почве), в наиболее характерной по растительности и рельефу точке закладывалась почвенная прикопка. С учетом варьирования мощности подстилки [Карпачевский, 1981; Бахмет, 2014; Волков, 2015; и др.], прикопки закладывались под кронами деревьев, на некотором удалении от ствола (пня на вырубке), где, по данным исследований [Бахмет, 2014], мощность подстилки наиболее близка к её средней величине на пробной площади. Описание прикопки, с измерением мощности горизонтов и полевым определением гранулометрического состава, проводилось на глубину до 60 см.

Таким образом, таксационные показатели на ПП и характеристики растительности на вырубках определены с достаточно высокой точностью, тогда как морфологические показатели почвы – по измерениям лишь на одной прикопке. При детальном исследовании почв [Чертов, 1981; Бахмет, 2014; Волков, 2015] на каждой пробной площади средняя мощность подстилки определена по 30; 60; 100 и даже 120 прикопкам. Однако в связи с массовым материалом по 67 ПП и 65 вырубкам, авторы решили сопоставить выводы, основанные на нашей методике, с полученными ранее закономерностями.

Гранулометрический состав гумусового горизонта зашифрован в баллах следующим образом: 1 – песок, 2 – супесь, 3 – легкий суглинок, 4 – средний суглинок, 5 – тяжелый суглинок, 6 – глина.

Для оценки *эффективного плодородия лесной почвы* использовали *модифицированный опадо-подстилочный коэффициент* – отношение мощности гумусового горизонта к мощности подстилки,  $A_1/A_0$  [Чертов, 1981]. По своей сути это – *гумусо-подстилочный коэффициент (ГПК)*.

В качестве универсального показателя продуктивности древостоев использовали класс бонитета, определяемый с точностью до полкласса. Для удобства при расчетах Ia класс бонитета принят за 0; Ib – за –1.

В настоящей работе приводятся данные только для древостоев на минеральных почвах, сформированных на бескарбонатных материнских породах.

*Результаты исследования.* Представленность чистых ельников и сосняков в нашей работе неодинакова, что связано с трудностью поисков еловых древостоев, соответствующих вышеприведённым требованиям.

Связь продуктивности 8 еловых насаждений (60–105 лет; типы леса от сфагново-черничного до кисличного) с гумусо-подстилочным коэффициентом оказалась достаточно тесной ( $R^2 = 0,884$ ) – рис. 1. При анализе зависимости продуктивности ельников от произведения ГПК и балла гранулометрического состава гумусового горизонта коэффициент детерминации оказался еще выше:  $R^2 = 0,901$ , что подчеркивает важность для роста ели «утяжеления» гранулометрического состава почвы.

Из рис. 1 следует, что при классе бонитета ели II,5 ГПК изменяется в пределах от 0,3 до 1.

Наивысшая продуктивность ели (бонитет Ia и Ia,5) характеризуется ГПК, равными 2,0 и 2,3, на легком и тяжелом суглинках соответственно.

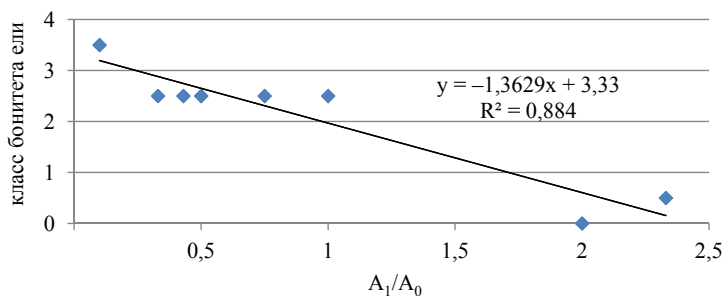


Рис. 1. Корреляционная связь продуктивности ельников с эффективным плодородием почвы

Fig. 1. Correlation of the spruce productivity with efficient soil fertility

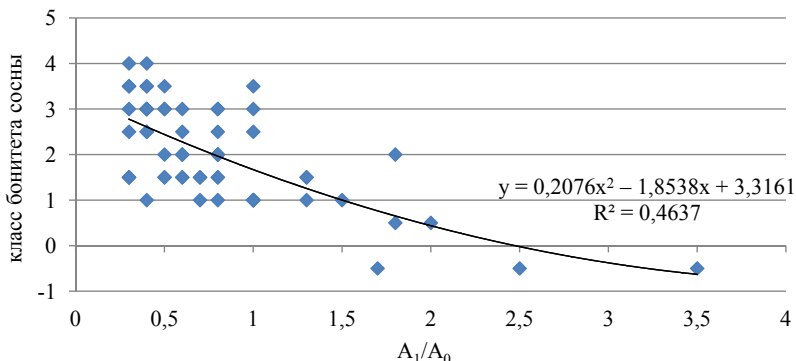


Рис. 2. Корреляционная связь продуктивности сосняков с эффективным плодородием почвы

Fig. 2. Correlation of pine productivity with efficient soil fertility

Связь бонитета сосны (59 ПП, возраст 33–113 лет, типы леса от черничника свежего до верескового) с ГПК оказалась значительно менее тесной, чем у ели ( $R^2 = 0,464$ ) – рис. 2.

Не повысил тесноту связи и учет гранулометрического состава гумусового горизонта,  $R^2 = 0,461$ .

На ПП с наивысшей продуктивностью сосны (бонитеты Ia,5–Iб,5) ГПК составляет 1,7–3,5. Наиболее широкий спектр ГПК имеют сосновые насаждения I–II классов бонитета – 0,4–1,8. В основном массиве сосняков I–III,5 классов бонитета ГПК изменяется в узком интервале от 0,3 до 1,0, что в очередной раз свидетельствует об уникальных экологических возможностях сосны довольствоваться различными, часто малопродуктивными почвами.

Полученные нами выводы соответствуют выводам О.Г. Чертова (1981). Подтверждается зависимость продуктивности хвойных древостоев Северо-Запада России от соотношения мощности важнейших почвенных горизонтов.

На *вырубках* величина ГПК закономерно возрастает по исходным типам леса от бедных к сравнительно богатым местообитаниям (табл. 1).

Варьирование ГПК в исходных ельниках ниже по сравнению с сосняками, коэффициенты вариации составили соответственно 26–43 и 44–58%. Это объясняется большим варьированием мощности гумусового горизонта в сосняках сравнительно с ельниками (в среднем соответственно 58 и 36%), при близких средних коэффициентах вариации толщины подстилки.

Таблица 1

**Варьирование показателя эффективного плодородия почвы (ГПК)  
на вырубках по исходным типам леса**

**Variation of the indicator of effective soil fertility in the original forest types  
on cutting areas**

Тип леса	Число объектов	Пределы колебаний	Среднее, тыс. экз./га	Стандартное отклонение, тыс. экз./га	Коэффициент вариации, %	Точность опыта, %
С-ВР	5	0,3–1	0,6±0,16	0,36	58	26
С-БР	6	0,3–1,7	1,1±0,24	0,6	55	22
Е-ДЛ	5	1,0–1,6	1,1±0,13	0,3	26	12
Е-ЧВ	6	0,8–1,8	1,2±0,17	0,5	42	14
С-ДЛ	4	0,6–2,3	1,2±0,40	0,8	67	33
С-ЧС	8	0,8–2,2	1,4±0,21	0,6	44	15
Е-ЧС	14	1,0–4,0	2,3±0,27	1,0	43	12
Е-КС	7	1,4–3,0	2,5±0,29	0,8	30	11
Е(Б)-ТТ	2	2,6–4	3,3	–	–	–

Примечание. ВР – вересковый, БР – брусничник, ЧС – черничник свежий, ЧВ – черничник влажный, ДЛ – долгомошник, КС – кисличник, ТТ – травяно-таволговый.

При рассмотрении средних данных по объединённым типам леса выявлено, что с возрастанием эффективного плодородия почвы изменяется густота и состав подроста (табл. 2). Наибольшее количество подроста хвойных пород (с преобладанием сосны в составе) – 8–13 тыс. экз./га – присуще бедным и сухим местообитаниям, ВР и БР типам (ГПК = 0,6–1,0). С увеличением почвенного плодородия (ГПК = 1,2) и влажности почвы, в ЧВ и ДЛ возрастает до максимума общая густота подроста (20–22 тыс. экз./га). В этих же условиях выявлена достаточно большая численность хвойного подроста (5–6 тыс. экз./га), но уже с преобладанием ели. В ЧС и КС типах, при наличии свежих почв среднего плодородия (ГПК = 1,8–2,5) резко, в 2–3 раза, по сравнению с ЧВ и ДЛ, снижается общее количество подроста и в еще большей степени густота хвойных, причем подрост сосны практически исчезает. В составе подроста в типах ЧВ, ДЛ, ЧС и КС господствует береза, с нарастанием присутствия осины, которая выходит на первое место в наиболее богатом (ГПК = 3,2) травяно-таволговом типе. Это соответствует данным А.А. Дымова [Дымов, 2018]: в биоклиматических условиях средней тайги естественное возобновление на свежих вырубках в основном осуществляется за счет березы и осины.

Линейная отрицательная тесная связь с показателем эффективного плодородия почв выявлена для общего количества хвойного подроста, а также подроста сосны (табл. 3).

Таблица 2

**Характеристики подроста на вырубках в связи с эффективным плодородием почвы в исходных типах леса**  
**Characteristics of undergrowth on cutting areas in connection with effective soil fertility on the original forest types**

Тип леса	ТУМ	Количество ПП	Среднее				
			общая густота подроста, тыс. экз./га	состав подроста	густота хвойного подроста, тыс. экз./га	состав хвойного подроста	A <sub>1</sub> /A <sub>0</sub>
ВР	A1	5	14,9	5С3Б2Ос+Е	7,7	10С+Е	0,6
БР	A1-A2	7	19,7	6С1Е2Б1Ос	13	9С1Е	1
ЧВ	A3-B3	9	20,2	5Б2Ос2Е1С	5	6Е4С	1,2
ДЛ	A4-B4	9	21,6	5Б2Ос2С1Е	6,2	6Е4С	1,2
ЧС	A2-B2	23	7,2	5Б2Ос2Е1С	2,4	6Е4С	1,8
КС	B2-C2	10	10,1	5Б3Ос1Е1Олс	0,9	9Е1С	2,5
ТТ	С4	2	16,3	4Ос3Б3Олс+Е	0,6	10Е	3,2

Примечание. ТУМ – тип условий местопрорастания по Погребняку.

Таблица 3

**Корреляционная связь густоты подроста на вырубках с показателем эффективного плодородия почвы**  
**Correlation density of undergrowth, on cutting areas with an effective soil fertility**

Густота подроста, тыс. экз./га	Линейная связь		Нелинейная связь	
	R	R <sup>2</sup>	уравнение регрессии	R <sup>2</sup>
Суммарный	-0,093	0,009	$y = 3,8733x^2 - 15,461x + 28,709$	0,211
Хвойный (Е+С)	-0,795	0,632	$y = 23,154e^{-1,191x}$	0,916
Ель	-0,303	0,092	$y = -1,0139x^2 + 3,47x - 0,6574$	0,355
Сосна	-0,702	0,493	$y = 2,1409x^2 - 11,597x + 15,264$	0,595
Лиственный (Б+Ос)	+0,541	0,293	$y = 2,9694x^2 - 8,0581x + 14,256$	0,409
Береза	-0,079	0,006	$y = -0,6041x^2 + 2,0712x + 5,0801$	0,025
Осина	+0,642	0,412	$y = 1,929x^2 - 5,7888x + 6,6763$	0,706

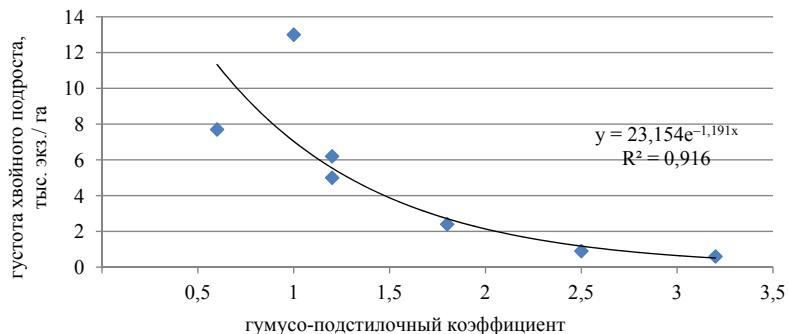


Рис. 3. Связь густоты хвойного подроста (сосны и ели) с эффективным плодородием почвы

Fig. 3. Link density of undergrowth of Pine and Spruce with effective soil fertility

Линейная *положительная* умеренная связь с ГПК характерна для подроста осины, что выделяет ее среди других пород.

Те же закономерности выявлены для тесноты *нелинейной связи* количества подроста и ГПК, причем особенно выделяются положительная связь густоты подроста осины и отрицательная связь количества хвойного подроста (рис. 3) с плодородием почвы.

Напрашивается парадоксальный вывод, что на суммарную густоту подроста последующего возобновления, и подроста березы в частности, на вырубках давностью 5–15 лет эффективное плодородие почвы не оказывает влияния, а на успешность возобновления хвойных пород этот фактор действует отрицательно. Из всех четырех лесообразующих пород только подрост осины положительно реагирует на богатство почвы.

По-видимому, в указанный период для появления и роста молодых деревьев на первый план выходят другие факторы: технология и сезон рубки; степень минерализации почвы и ее увлажнение; наличие семенных деревьев; повторяемость семенных лет (для семенного возобновления); наличие условий для вегетативного возобновления мягколиственных пород; отсутствие чрезмерного конкурентного давления со стороны подлеска и живого напочвенного покрова.

Рассмотрим два последних фактора, их связь с почвенным плодородием. Количество подлеска наибольшее (8–16 тыс. экз./га) в условиях роста с достаточным увлажнением (С-ЧС, С-ЧВ, Е-ЧС, Е-ЧВ, Б-ЧС, Б-ТТ), наименьшее (2,4–3 тыс. экз./га) – в сухом типе С-ВР, а также в Е-БР (табл. 4).



На густоту подлеска так же, как и на густоту подроста, соотношение верхних горизонтов почвы не оказывает столь существенного влияния, как её увлажнение. Так, наименьшие значения ГПК (0,5–0,6) характерны для С-ВР с минимальным количеством подлеска и для С-ЧВ с максимальной его густотой. В целом корреляционная связь густоты подлеска и эффективного плодородия почвы отсутствует (рис. 4).

Таблица 4

**Характеристики подроста и подлеска на вырубках  
в связи с исходным типом леса и эффективным плодородием почвы**

**Characteristics of undergrowth and underbrush on cutting areas  
in connection with the initial type of forests and effective soil fertility**

Тип леса	Число объек- тов	Среднее					
		подрост		подлесок		густота подрост+ подлесок, тыс. экз./га	A1/A0
		густота, тыс.экз./га	состав	густота, тыс.экз./га	состав		
<b>сосняки</b>							
С-ВР	5	14,9	5С3Б2Ос+Е	2,4	10Ив	17,3	0,6
С-ЧВ	2	26,2	6Б1Ос2С1Е	15,8	7Ив2Рб1Крл	42	0,6
С-БР	6	19,7	6С1Е2Б1Ос	5,0	6Ив3Рб1Мж	24,7	1
С-ДЛ	5	18,4	5Б1Ос3С1Е	7,3	9Ив1Рб+Крл	25,7	1,3
С-ЧС	8	7,3	5Б3Ос1С1Е	8,2	7Рб2Ив1Крл	15,5	1,3
<b>ельники</b>							
Е-ДЛ	5	24,1	5Б3Ос2Е+С	5,2	6Ив4Рб+Крл	29,3	1,2
Е-ЧВ	6	18,2	5Б2Ос2Е1С	7,8	8Рб2Ив+Крл	26	1,3
Е-БР	1	18,2	8Б1С1Е+Ос	3,0	6Рб4Ив	21,2	1,5
Е-ЧС	14	7,1	5Б1Ос3Е1С	8,9	8Рб1Ив1Крл	16	2,1
Е-КС	7	10,7	6Б3Ос1Е+С	7,1	8Рб2Ив+Крл	17,8	2,4
Е-ТТ	1	12,1	6Олс3Б3Ос	3,8	7Ив3Чр+Рб	15,9	2,6
<b>березняки</b>							
Б-ЧС	1	2,8	6Б4Е	10,6	9Рб1Ив	13	1,5
Б-ЧВ	1	28,0	5Е3Б2Ос+С	5,5	8Ив2Рб	33,5	1,7
Б-КС	2	10,3	6Ос2Б2Олс	6,7	7Рб3Ив+Чр	17	2,4
Б-ТТ	1	14,5	6Ос4Б+Е	12,6	5Ив3Рб2Крл	27,1	4

Примечание. Ив – ивы (в основном – ива ушастая; лишь в травяно-таволговом типе – ива филиколистная, ива серая); Рб – рябина; Мж – можжевельник; Крл – крушина ломкая; Чр – черёмуха.

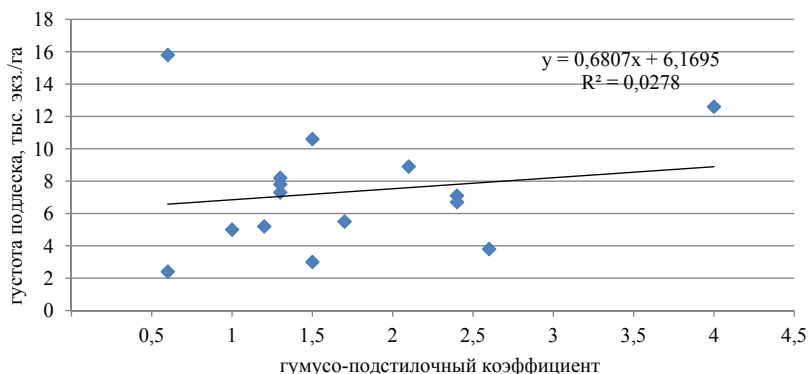


Рис. 4. Зависимость густоты подлеска от эффективного плодородия почвы

Fig. 4. Dependence of density of underbrush from effective soil fertility

В определенной мере отсутствие связи общей густоты подлеска с эффективным плодородием почвы объясняется особенностями состава подлеска. На почвах среднего и низкого плодородия в составе подлеска преобладает ива ушастая; в более богатых условиях – рябина. В большинстве типов леса рябина и ива как бы дополняют друг друга в составе подлеска, и его средняя густота варьирует в пределах 5–10 тыс. экз./га; при этом ГПК изменяется от 1,0 до 2,4.

В качестве косвенного показателя плодородия почвы, т. е. потенциальной возможности снабжения ею питательными веществами и влагой молодой древесно-кустарниковой растительности на вырубках давностью 5–15 лет, рассмотрим суммарную величину густоты подроста и подлеска. Но и здесь также трудно обнаружить зависимость этого показателя от соотношения почвенных горизонтов. Наибольшая суммарная густота наблюдается (по убыванию) в С-ЧВ, Б-ЧВ, Е-ДЛ, Б-ТТ, С-ДЛ, С-БР, при изменении ГПК соответственно: 0,6; 1,7; 1,2; 4; 1,3; 1. Наименьшая суммарная густота, за счет заметного уменьшения густоты подроста, характерна для черничников свежих: С-ЧС, Е-ЧС, Б-ЧС, при ГПК соответственно 1,3; 2,1; 1,5. В отличие от других типов леса, густота подлеска в черничниках выше, чем густота подроста (см. табл. 4).

Разрастание подлеска, не связанное, на первый взгляд, с богатством почвы, в большинстве случаев снижает суммарную густоту подроста, подроста хвойных пород и, в частности, подроста сосны. При сопоставлении густоты хвойного подроста и подлеска в одних и тех же исходных объединенных типах леса оказалось, что их численность в основном обратно пропорциональна друг другу, что свидетельствует о чувствительности хвойных к конкуренции со стороны подлеска (рис. 5).

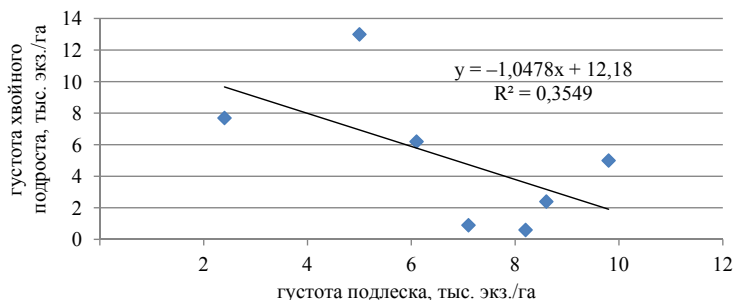


Рис. 5. Зависимость густоты хвойного подроста от густоты подлеска на вырубках  
 Fig. 5. Dependence of coniferous species undergrowth density on density of underbrush species on cutting areas

На густоту хвойного подроста также оказывает существенное отрицательное влияние суммарное проективное покрытие на вырубках травяного покрова, в котором преобладают злаки (вейник, луговик) и осоки, а также часто присутствуют иван-чай и полкустарник малина (табл. 5, рис. 6).

Таблица 5

**Проективное покрытие растений напочвенного травяного покрова и характеристики хвойного подроста на вырубках**  
**Projective covering of herbs cover and characteristics of coniferous undergrowth on cutting areas**

Исходный тип леса	Проективное покрытие трав, %					Хвойный подрост	
	таволга	злаки, осоки	малина	иван-чай	итого	густота, тыс. экз./га	состав
С-ВР	–	3	–	–	3	8,7	10С+Е
С-БР	–	2	–	–	2	12,3	9С1Е
С-ЧС	–	21	1	–	22	1,0	9С1Е
С-ЧВ	–	5	5	5	15	4,6	10Е
С-ДЛ	–	15	–	–	15	8,1	7С3Е
Е-ЧС	–	61	15	3	79	2,9	8Е2С
Е-БР	–	10	–	+	10	2,5	6С4Е
Б-ЧВ	–	5	–	–	5	13,7	10Е+С
Е-ЧВ	–	41	9	1	51	2,8	10Е
Е-ДЛ	–	31	–	–	31	4,1	9Е1С
Е-КС	–	33	15	9	57	1,1	7Е3С
Ос-КС	–	30	–	–	30	0,4	10Е
Б-ТТ	40	30	+	+	70	0,7	10Е
Е-ТТ	60	10	20	30	100	0,4	10Е

Об отрицательном влиянии на численность подроста ели живого напочвенного покрова на вырубках (индекс корреляции составляет  $-0,75$ ) имеются данные в литературе [Беляева, 2013].

Вместе с тем проективное покрытие трав на вырубках имеет линейную положительную связь с плодородием почвы (рис. 7).

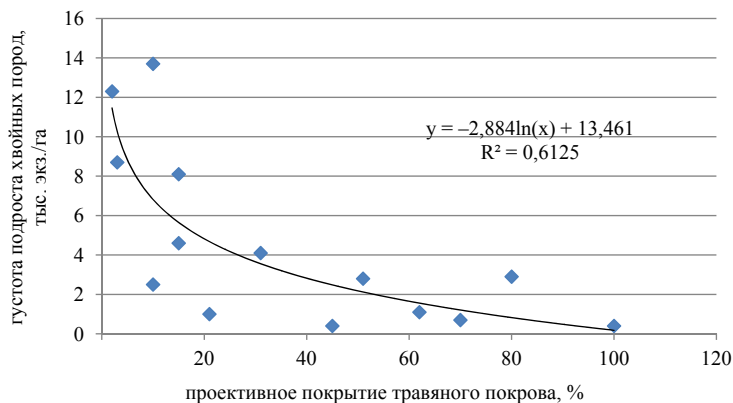


Рис. 6. Связь густоты хвойного подроста с проективным покрытием травяного покрова на вырубках

Fig. 6. The relationship of the number of undergrowth of coniferous species with projective cover of herbs on cutting areas

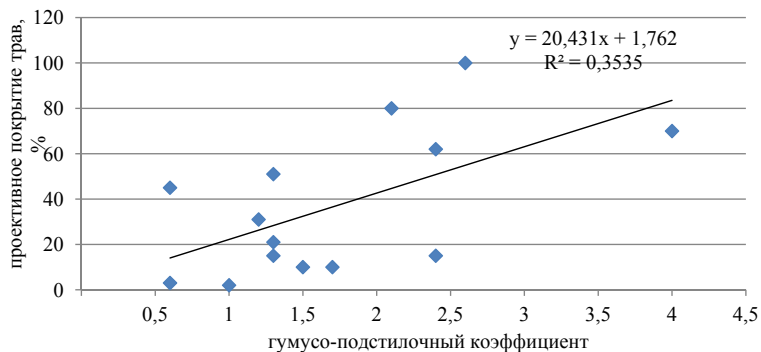


Рис. 7. Зависимость проективного покрытия трав на вырубках от эффективного плодородия почвы

Fig. 7. The dependence of the projective cover of grasses on effective soil fertility on cutting areas

Таким образом, если оставить за скобками технологию рубки, ее сезон, степень минерализации почвы, наличие обсеменителей, периодичность семенных лет и другие неучтенные факторы, то выявится важнейшая роль в появлении и судьбе подроста хвойных пород на вырубках – исходного состава древостоя и типа леса с его особенностями эффективного плодородия почвы и ее увлажнения.

Отрицательная связь густоты хвойного подроста с плодородием почвы означает, что на лучших почвах после вырубki материнского древостоя быстро, в течение нескольких лет, в условиях практически беспрепятственного поступления осадков и суммарной радиации, в изобилии появляются травы, подлесок и подрост лиственных пород. Положительная тесная связь густоты подроста осины с ГПК на вырубках связана, прежде всего, с вегетативным возобновлением этой породы путем отпрысков от корней материнских деревьев, когда на условия возобновления осины мало влияют особенности почвы, обилие травяного покрова и подлеска. Чем лучше почва, тем больше на ней среди прочих равных условий было взрослых деревьев осины, и тем гуще осиновая поросль. Отсутствие связи густоты подроста березы с богатством почвы можно объяснить нетребовательностью этой породы к почвенным условиям при ее семенном возобновлении и почти полным отсутствием какой-либо конкуренции со стороны других растений (подрост, подлесок, травы) при вегетативном возобновлении от пней.

Подросту сосны остается довольствоваться сухими или переувлажненными бедными почвами (ГПК = 0,6–1,3) бывших сосняков (С-ВР, С-БР, С-ЧВ, С-ДЛ), где у подроста мало конкурентов, и его густота составляет 5–7, иногда до 12 тыс. экз./га и более. Наибольшее количество подроста ели (3–5 тыс. экз./га) характерно для бывших переувлажненных ельников (Е-ЧВ и Е-ДЛ), где пониженное плодородие почвы (ГПК = 1,2–1,3) и избыток влаги также не способствуют разрастанию трав и подлеска.

### *Выводы*

1. Продуктивность чистых по составу взрослых ельников Ленинградской области имеет высокую прямую корреляционную связь с коэффициентом отношения мощности гумусового горизонта к мощности лесной подстилки (ГПК), как характеристике эффективного плодородия лесных почв. Зависимость продуктивности сосняков от ГПК оказалась значительно менее тесной, чем у ели.

2. На вырубках давностью 5–15 лет величина ГПК закономерно возрастает по исходным типам леса от бедных к сравнительно богатым местообитаниям, при этом изменяются густота и состав подроста. Наибольшее коли-

чество подроста хвойных пород (с преобладанием сосны в составе) присуще бедным и сухим местообитаниям, вересковому и брусничному типам. С увеличением почвенного плодородия происходит смена подроста сосны на подрост ели, причем густота подроста хвойных в целом снижается.

3. Корреляционная связь густоты подлеска и эффективного плодородия почвы практически отсутствует. Однако разрастание подлеска в большинстве случаев снижает суммарную густоту подроста, подрост хвойных пород и, в частности, подрост сосны.

4. Суммарное проективное покрытие трав с плодородием почвы на вырубках имеет линейную положительную связь. Разрастание трав оказывает существенное отрицательное влияние на густоту хвойного подроста.

5. Густота последующего возобновления хвойных пород на вырубках с ГПК имеет нелинейную тесную отрицательную связь, густота подрост осины – положительную связь. Отрицательная связь густоты хвойного подрост с плодородием почвы означает, что лучшие почвы после рубки материнского древостоя быстро занимают конкуренты сосны и ели: травяной покров, подлесок и подрост березы и осины.

6. При отсутствии хозяйственных мероприятий по содействию естественному возобновлению хвойных пород, по исходным типам леса и составу древостоя, определяющим эффективное плодородие почв, можно уверенно прогнозировать успешность последующего естественного лесовосстановления лесообразующих пород на вырубках.

### **Библиографический список**

*Бахмет О.Н.* Структурно-функциональная организация органопрофилей почв лесных экосистем Северо-Запада России: автореферат дис. ... д-ра биол. наук. Петрозаводск, 2014. 48 с.

*Беляева Н.В.* Закономерности изменения структуры и состояния молодого поколения ели в условиях интенсивного хозяйственного воздействия: автореферат дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб., 2013. 43 с.

*Благовидов Н.Л., Бурков Г.Л.* Методические указания к производству почвенных исследований и характеристике условий местообитания леса. Л.: ЛТА, 1959. 30 с.

*Богатырев Л.Г.* Образование подстилок – один из важнейших процессов в лесных экосистемах // Почвоведение. 1996. № 4. С. 501–511.

*Волков А. Г.* Пространственная структура лесной подстилки в еловых экосистемах северной подзоны: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Петрозаводск, 2015. 22 с.

*Дымов А.А.* Почвы послерубочных, постпирогенных и постагрогенных лесных экосистем Северо-Востока Европейской части России: автореферат дис. ... д-ра биол. наук. М., 2018. 46 с.

*Калиниченко Н.П., Писаренко А.И., Смирнов Н.А.* Лесовосстановление на вырубках. М.: Экология, 1991. 381 с.

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

Концепция интенсивного использования и воспроизводства лесов. СПб.: ФБУ «СПбНИИЛХ», 2015. 16 с.

*Корнев В.П.* Продуктивность лесных насаждений в связи с качественной оценкой почв // Лесная геоботаника и биология древесных растений. 1974. Вып. 2. С. 49–57.

*Кошельков С.П.* О формировании и подразделении подстилок в хвойных южнотаежных лесах // Почвоведение. 1961. № 10. С. 19–29.

*Кравков С. П.* Исследования в области изучения роли мертвого растительного покрова в почвообразовании: дис.... д-ра агрономии. СПб., 1912. 268 с.

*Мартыненко О.В.* Влияние почвенных факторов на рост и продуктивность сосновых насаждений (на примере ЩУОЛХ Московской области): автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 2011. 24 с.

*Мартынов А.Н.* К вопросу о связи между численностью и встречаемостью подроста // ИВУЗ. Лесной журнал. 1995. № 2-3. С. 11–18.

*Никифорчин И.В., Ветров Л.С., Вавилов С.В.* Таксация леса: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. 239 с.

*Соломатова Е.А.* Строение, состав и пространственная вариабельность лесных подстилок Восточной Фенноскандии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2004. 22 с.

*Тюрин И.В., Пономарева В.В.* Материалы по изучению гумуса лесных почв Труды ЛТА. 1940. Вып. 56. С. 3–49.

*Чертов О.Г.* Почвенно-экологическая структура, динамика, оценка и оптимизация лесных земель. Тарту, 1977. 98 с.

*Чертов О.Г.* Экология лесных земель. Л.: Наука, 1981. 192 с.

## References

*Bahmet O.N.* Structural-functional organization of organic soils profiles in forest ecosystems of the North-West of Russia: autoref. of dis. Dr. Sci. (Biology). Petrozavodsk, 2015. 48 p. (In Russ.)

*Belyaeva N.V.* Patterns of change of the structure and condition of the younger generation of spruce in the conditions of intensive economic impact: autoref. of Dis. Dr. Sci. (Agricult.). St. Petersburg, 2013. 43 p. (In Russ.)

*Blagovidov N.L., Burkov G.L.* Methodical instructions to the production of soil research and characteristic conditions of forest habitats. Leningrad, 1959. 30 p. (In Russ.)

*Bogatyrev L.G.* Education of litter is one of the most important processes in forest ecosystems. *Pochvovedenie*, 1996, is. 4, pp. 501–511. (In Russ.)

*Volkov A.G.* Spatial structure of forest litter in spruce ecosystems of Northern subzone. Autoref. of Dis. Cand. Sci. (Biology). Petrozavodsk, 2015. 22 p. (In Russ.)

*Dymov A.A.* Soils of post-felling, post-fire and post-agricultural forest ecosystems of the North-East of the European part of Russia: autoref. of Dis. Dr. Sci. (Biology). Moscow, 2018. 46 p. (In Russ.)

*Kalinichenko N.P., Pisarenko A.I., Smirnov N.A.* Forest regeneration on clear cutting. Moscow, 1991. 381 p. (In Russ.)

*Karpachevskij L.O.* Forest and forest soils. Moscow, 1981. 264 p. (In Russ.)

Concept of intensive use and reproduction of forests. St. Petersburg: Forest Research Institute, 2015. 16 p. (In Russ.)

*Kornev V.P.* Productivity of forests with regard to the qualitative assessment of soils. *Forestry animal physiology and biology of woody plants*, 1974, is. 2, pp. 49–57. (In Russ.)

*Koshel'kov S.P.* On formation and subdivision of litter in coniferous forests of the southern Taiga. *Pochvovedenie*, 1961, is. 10, pp. 19–29. (In Russ.)

*Kravkov S.P.* studies in studying the role of dead vegetation in soil formation. Dis. Dr. Sci. (Agronomy). St. Petersburg, 1912. 268 p. (In Russ.)

*Martynenko O.V.* Effect of soil factors on the growth and productivity of pine plantations: autoref. of Dis. Cand. Sci. (Agricult.). Moscow, 2011. 24 p. (In Russ.)

*Martynov A.N.* To the question about the relation between the size and occurrence of undergrowth. *Izv. vuzov. Lesn. Zhurnal*, 1995, is. 2-3, pp. 11–18. (In Russ.)

*Nikiforchin I.V., Vetrov L.S., Vavilov S.V.* Forest inventory. Tutorial. St. Petersburg, 2011. 239 p. (In Russ.)

*Solomatova E.A.* Structure, composition, and spatial variability of forest litter of eastern Fennoscandia: autoref. of Dis. Cand. Sci. (Biologic.) Moscow, 2004. 22 p. (In Russ.)

*Tyurin I.V., Ponomareva V.V.* Materials for the study of forest soil humus. *Trudy LTA*, 1940, is. 56, pp. 3–49. (In Russ.)

*Chertov O.G.* Soil-ecological structure, dynamic, assessment and optimization of forest land. Tartu, 1977. 98 p. (In Russ.)

*Chertov O.G.* Ecology of forest land. Leningrad, 1981. 192 p. (In Russ.)

*Материал поступил в редакцию 24.02.2018 г.*

---

**Смирнов А.П., Смирнов А.А., Монгуш Б.Ай-Д.** Продуктивность хвойных древостоев и естественное лесовозобновление на вырубках в связи с плодородием лесной почвы // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2018. Вып. 223. С. 28–46. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.28-46



Цель исследования – выявить влияние эффективного плодородия лесных почв на продуктивность чистых по составу ельников и сосняков, а также на успешность последующего естественного лесовозобновления на вырубках. Эффективное плодородие лесных почв по О.Г. Чертову – это отношение мощности гумусового горизонта к мощности лесной подстилки (гумусо-подстилочный коэффициент, ГПК). Продуктивность взрослых ельников Ленинградской области имеет высокую прямую корреляционную связь с ГПК ( $R^2 = 0,884$ ). Наивысшая продуктивность ели (бонитеты Ia и Ia,5) характеризуется коэффициентами плодородия, равными соответственно 2 и 2,3. Зависимость продуктивности сосняков от ГПК оказалась значительно менее тесной, чем ельников ( $R^2 = 0,464$ ). В сосняках с наивысшей продуктивностью (бонитеты Ia,5-16,5) ГПК составляет 1,7–3,5. На вырубках давностью 5–15 лет величина ГПК закономерно возрастает по исходным типам леса от бедных к сравнительно богатым местообитаниям. При этом изменяются густота и состав подроста, как общего, так и подроста хвойных пород. Наибольшая общая густота подроста (20–22 тыс. экз./га), с достаточно большой долей хвойного подроста – 5–6 тыс. экз./га – характерна для почв среднего плодородия (ГПК = 1,2), но с некоторым переувлажнением – в типах леса черничники влажные и долгомошники. Наибольшее количество подроста хвойных пород (с преобладанием сосны в составе) – 8–13 тыс. экз./га – присуще бедным и сухим местообитаниям (вересковый и брусничный типы леса). С увеличением эффективного плодородия почв происходит смена подроста сосны на подрост ели, причем густота подроста хвойных в целом снижается. Эта густота имеет нелинейную тесную отрицательную связь с ГПК ( $R^2 = 0,916$ ). Густота подроста березы от плодородия почвы не зависит ( $R^2 = 0,025$ ), тогда как густота подроста осины имеет с ним высокую положительную связь ( $R^2 = 0,706$ ). Разрастание подлеска с ГПК слабо связано, но в большинстве случаев подлесок снижает густоту подроста хвойных пород и, в частности, подроста сосны. Разрастание трав, особенно злаков, характерно для богатых почв, и также оказывает существенное отрицательное влияние на густоту хвойного подроста. Таким образом, почвы, обладающие наибольшим эффективным плодородием, после вырубки материнского древостоя быстро заселяются конкурентами сосны и ели: травами, подлеском и листовыми породами, прежде всего осинкой. Следовательно, по исходному типу леса и составу древостоя, определяющим эффективное плодородие почв, при отсутствии хозяйственных мер по содействию естественному возобновлению хвойных пород, можно уверенно прогнозировать успешность естественного последующего лесовосстановления всех лесообразующих пород на вырубках.

Ключевые слова: хвойные леса, типы леса, плодородие лесных почв, вырубки, естественное лесовозобновление, подлесок, травяной покров.

**Smirnov A.P., Smirnov A.A., Mongush B.Aj-D.** Productivity of conifer forests and especially natural forest regeneration on the felling with regard to forest soil fertility. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehniceskoi Akademii*, 2018, is. 223, pp. 28–46 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2018.223.28-46

The purpose of the study is to determine the impact of effective forest soil fertility on productivity of spruce and pine stands of pure the composition, as well as the success of the subsequent natural forest regeneration on the felling. Effective forest soil fertility by O.Chertov is the ratio of thickness the humus horizon and forest litter (humus-litter coefficient, HLC). Spruce productivity Leningrad region has high direct correlation with HLC ( $R^2 = 0.884$ ). The highest productivity trees (quality class IA and Ia, 5) is characterized by fertility coefficients, equal respectively 2.3 and 2. Dependence of productivity pine stands from HLC was significantly less close than spruce stands ( $R^2 = 0.464$ ). In stands with the highest productivity (quality class Ia, 5-Ib, 5) HLC is 1.7–3.5. On the felling where prescription 5–15 years the amount of HLC naturally increases the original forest types from the poor to the relatively rich habitats. This change the density and composition of forest regeneration, both general and regeneration of conifers. The highest overall density of forest regeneration (20–22 thousand copies./ha), with a fairly large portion of pine regeneration is 5–6 thousand copies./ha characteristic soil medium fertility (HLC = 1.2), but with some excessive moisture – *polytrichosum* and *nass myrtillosum*. The largest number of young conifers (pine-dominated composition) – 8–13 thousand copies./ha is inherent in the poor and arid habitats (*vaccinosum* and *cladinosum* forest types). With the increase of effective soil fertility changes of young pines on young spruce, with undergrowth density conifers declines in general. This density has a close relationship with negative nonlinear HLC ( $R^2 = 0.916$ ). Density undergrowth of birch from the soil fertility is not affected ( $R^2 = 0.025$ ), whereas the density of aspen regrowth has with him a high positive relationship ( $R^2 = 0.706$ ). Growth of underbrush with HLC loosely connected, but in most cases the underbrush reduces density undergrowth of coniferous species and, in particular, young pine. Growth of grasses, especially cereals, characteristically for the rich soil, and also has a significant negative effect on density pine regrowth. Thus, soil, possessing the highest effective fertility, after cutting down maternal stand soon developed by competitors of pine and spruce: herbs, underbrush and deciduous breeds, primarily aspen. Consequently, the original forest stand composition and type, determining effective soil fertility, in the absence of management measures on assistance to natural regeneration of coniferous breeds, we can confidently predict the success of a natural follow-up reforestation of all felling.

**Key words:** coniferous forests, forest types, forest soil fertility, cutting, forest regeneration, underbrush, grass cover.

---

**СМИРНОВ Александр Петрович** – профессор Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 9945-4870.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: frontera12@gmail.com

**SMIRNOV Alexander P.** – DSc (Agricultural), Professor at St.Petersburg State Forest Technical University, Professor. SPIN-code 9945-4870.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: frontera12@gmail.com

**СМИРНОВ Алексей Александрович** – доцент Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат сельскохозяйственных наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: filsmi@yandex.ru

**SMIRNOV Aleksej A.** – PhD (Agricultural), Associate Professor of the St.Petersburg State Forest Technical University.

**МОНГУШ Буян Ай-Демирович** – аспирант Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: buian5@mail.ru

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: filsmi@yandex.ru

**MONGUSH Vujan Aj-D.** – PhD student of the St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institute per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: buian5@mail.ru