

УДК 630\*5

doi: 10.31140/j.vestnikib.2018.4(206).1

**СТРОЕНИЕ ДРЕВОСТОЕВ СРЕДНЕТАЕЖНЫХ СОСНЯКОВ ЛИШАЙНИКОВЫХ  
НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРО-ВОСТОКЕ РОССИИ****А.Ф. Осипов, И.Н. Кутявин, Н.В. Торлопова, Е.А. Робакидзе, К.С. Бобкова***Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, Сыктывкар*  
E-mail: [osipov@ib.komisc.ru](mailto:osipov@ib.komisc.ru)

*Аннотация.* В статье представлены результаты, характеризующие строение древостоев среднетаежных сосняков лишайниковых на европейском северо-востоке России. Проведен статистический анализ рядов распределения деревьев сосны по диаметру и высоте ствола. Установлено, что коэффициент вариации высоты в древостоях сосняков изменяется от 9 до 34 %, а асимметрия близка к нулевому значению, что свидетельствует о почти нормальном распределении деревьев. Коэффициент вариации диаметра колеблется от 27 до 67 %, что говорит о растянутости распределения особей сосны в насаждениях по этому показателю. Показан вклад деревьев разных ступеней толщины в накопление запасов древесины древостоем. В средневозрастных и приспевающих насаждениях 41–55 % от числа деревьев и 32–41 % от объема древесины приходится на ступень толщины, соответствующую среднему диаметру дерева в древостое, и на две соседние ступени толщины. В спелых и перестойных сосняках эти величины составили 6–48 и 4–46 % соответственно, что отражает наличие нескольких поколений в древостоях на этих стадиях развития. Выявлена статистически достоверная взаимосвязь (положительная и отрицательная) между средним диаметром дерева и числом крупно- и тонкомерных деревьев, тогда как корреляции между средним диаметром дерева и запасом древесины в крупномерных и деревьях средних ступеней толщины не обнаружено. Выведено обобщенное регрессионное уравнение взаимосвязи высоты дерева от его диаметра, которое можно использовать для определения высоты деревьев среднетаежных сосняков лишайниковых на европейском северо-востоке России.

*Ключевые слова:* сосняк, строение древостоев, зависимость высота/диаметр

**Введение**

Под строением древостоев в лесных экосистемах понимают закономерное распределение деревьев по таксационным показателям, которые изменяются как в пространстве, так и во времени, что является результатом комплексного взаимодействия лесорастительных условий, стадии развития ценоза и истории влияния экзогенных факторов (Кузьмичев, 1977). Несмотря на достаточно большой объем накопленной информации о строении древостоев, изучение данного вопроса остается актуальным по ряду причин. Во-первых, распределение деревьев по размеру – это простой и относительно эффективный метод описания как отдельного элемента, так и древостоя в целом (Feirga, 2015). Во-вторых, данные о строении древесного яруса необходимы для совершенствования и планирования лесохозяйственных мероприятий с целью улучшения роста и продуктивности эдификаторов лесных сообществ, а также для повышения эффективности дистанционного учета лесных ресурсов (Левин, 1966; Combining ..., 2011). При решении задач многоцелевого лесопользования и интенсификации лесного хозяйства нужна детальная оценка изменения распределения числа стволов по ступеням толщины и другим таксационным показателям (Третьякова, 2005; Wang, 2005). Следует также отметить, что строение древостоев во многом определяет разнообразие растений в насаждении и может служить его индикатором (Stand ..., 2017).

Продолжительная промышленная эксплуатация основных насаждений в условиях средней тайги Республики Коми привела к трансформации естественной структуры сосняков и появлению сообществ разных стадий восстановительной сукцессии (Леса ..., 1999). К настоящему времени для европейского северо-востока России охарактеризовано строение древостоев ельников (Коренные еловые ..., 2006; Манов, 2008) и сосняков черничных (Биопродукционный ..., 2001; Кутявин, 2013, 2014; Осипов, 2017). Сведения о строении древостоев сосняков лишайниковой группы типов леса единичные (Торлопова, 2007; Манов, 2011; Кутявин, 2013). Описаны лишь некоторые аспекты структуры древостоев отдельных сообществ. Следует отметить, что сосняки лишайниковые на территории Республики Коми занимают площадь около 1.2 млн. га и произрастают во всех подзонах тайги (Леса ..., 1999). Изучение строения древостоев в сосняках на песчаных отложениях имеет важное значение для получения представлений о сущности лесообразовательного процесса, в частности, для понимания многих сторон эколого-биологических аспектов формирования основных лесов в таежной зоне.

Цель настоящей работы – определить строение древостоев среднетаежных сосняков лишайниковых на территории Республики Коми. Для ее достижения решали следующие задачи: 1) охарактеризовать ряды распределения деревьев и запаса стволовой древесины по ступеням толщи-

ны в древостоях; 2) вывести обобщенное уравнение зависимости высоты деревьев сосны от диаметра ствола в сосняках лишайниковых и показать возможности его применения.

**Материалы и методы**

Работа выполнена в подзоне средней тайги на территории лесных стационаров Института биологии Коми НЦ УрО РАН (Чернамского и Ляльского) и в буферной зоне Печоро-Ильчского государственного природного биосферного заповедника. Климат в рассматриваемом регионе умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха на равнине составляет 0.3–0.5 °С (Чернамский и Ляльский стационары), при продвижении на восток к Уралу снижается до –0.8 °С. С приближением к Уральским горам увеличивается количество осадков (с 620 до 675 мм в год), большая часть которых выпадает в теплый период.

Работа выполнена на девяти постоянных пробных площадях (ППП), заложенных в сосняках лишайниковых разных стадий развития (табл. 1). Размеры ППП варьировали от 0.12 до 0.40 га и зависели от числа деревьев преобладающего элемента леса: 250 экз. – в средневозрастных, 150–200 – спелых, 120–150 экз. – перестойных насаждениях (Общесоюзные ..., 1992). Во время перечета у всех деревьев на ППП измеряли диаметр на высоте 1.3 м с одновременным взятием древесных кернов. Высоты определяли у 20–70

деревьев высотомером Haglof. Для каждого исследуемого сосняка выводили логарифмическое уравнение зависимости высоты от диаметра ствола. Подсчет годичных колец на кернах проводили на приборе Lintab 5. Таксационная обработка выполнена стандартными методами согласно Лесотаксационному справочнику (2012). Анализ распределения деревьев и запасов древесины проводили по ступеням толщины 2 см. Состав древостоя определяли по вкладу каждого вида деревьев в общий запас древесины. Тип возрастной структуры древостоя дан по Г.Е. Комину и И.В. Семечкину (1970). Статистическая обработка данных выполнена в программе Microsoft Excel 2007. Регрессионный анализ выполнен при 95%-ном уровне значимости.

**Результаты и обсуждение**

**Таксационная характеристика древостоев.** Древостои сосняков лишайниковых в основном чистые, редко с примесью березы, участие которой достигает двух единиц по составу в приспевающем сосняке на ППП 17 (табл. 1). В этом же насаждении отмечено единичное участие в составе древостоя лиственницы. Подрост густотой от 0.52 до 22.4 тыс. экз. га<sup>-1</sup> состоит в основном из сосны, редко присутствуют береза, лиственница и кедр. Подлесок отсутствует или в нем встречаются единичные кусты рябины (*Sorbus aucuparia*) и ивы (*Salix caprea*). Травяно-кустарничковый

Таблица 1

**Краткая таксационная характеристика древостоев сосняков лишайниковых**

№ ППП	Возраст, лет	Состав	Густота, экз. га <sup>-1</sup>	Запас древесины, м <sup>3</sup> га <sup>-1</sup>	Сумма площадей сечений, м <sup>2</sup> га <sup>-1</sup>	Средние		Координаты
						Диаметр, см	Высота, м	
2 <sup>1</sup>	51–61	10С	2275	159	27	11.6±0.1	13.2±0.1	N 62°04'04.7'' E 50°24'40.1''
8 <sup>1</sup>	62–125	10С ед.Б	2533	246	32	11.6±0.1	13.9±0.1	N 62°02'04.1'' E 50°28'33.7''
9 <sup>2</sup>	56–370	10С	908	177	21.6	14.3±0.3	14.3±0.3	N 61°49'20'' E 56°52'39''
11 <sup>2</sup>	40–220	10С ед.Б	411	163	22.5	25.5±0.3	13.2±0.3	N 61°46'52'' E 57°02'22''
17 <sup>2</sup>	45–75	8С2Б ед.Лц	1235	86	13.1	10.7±0.3	10.7±0.6	N 61°46'51'' E 57°02'13''
28 <sup>3</sup>	87–97	10С	667	220	26	19.3±0.9	13.7±0.3	N 62°19'24'' E 50°43'43.4''
29 <sup>3</sup>	60–127	10С	532	126	16	17.4±0.6	12.2±0.3	N 62°16'43.2'' E 50°37'47.4''
30 <sup>3</sup>	97–137	10С	1073	241	32	18.1±0.5	14.7±0.1	N 62°16'45.5'' E 50°37'49.6''
32 <sup>3</sup>	70–125	10С	1042	191	27	16.9±0.5	13.3±0.2	N 62°22'48.5'' E 50°45'6.9''

<sup>1</sup> Чернамский лесной стационар.

<sup>2</sup> Буферная зона Печоро-Ильчского государственного природного биосферного заповедника.

<sup>3</sup> Ляльский лесной стационар.

ярус имеет покрытие 10–30 %, в нем участвуют брусника, вороника, вереск обыкновенный, овсяница овечья, кошачья лапка. Лишайниковый покров занимает 60–90 % поверхности и состоит из лишайников рода *Cladonia*. Мхи (*Pleurozium schreberi*, *Polytrichum juniperinum* и *P. commune*) образуют небольшие пятна.

Состав древостоев сосняков во многом определяется лесорастительными условиями. Сосняки лишайниковой группы типов формируются на бедных минеральными элементами подзолах иллювиально-железистых, профиль которых сложен песками (Атлас почв ..., 2010). Небольшая площадь поверхности частиц песка не способствует образованию органо-минеральных комплексов и закреплению органического вещества и элементов питания (Soil ..., 2014), которые в результате промывного водного режима выносятся в более глубокие, недоступные корням растений слои почвы. В результате на песчаных почвах поселяется сосна – порода, не требовательная к почвенному плодородию. В условиях средней тайги Республики Коми спелые сосняки лишайниковые формируют древостои V–Va класса бонитета, с относительной полнотой 0.6 м, средней высотой 15 м, диаметром 23 см и запасом древесины около 100 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup> (Леса ..., 1999). Следует отметить, что в сосняках лишайниковых древостои выполняют функцию эдификатора в развитии экосистем. Это положение у них сохраняется в процессе формирования сообщества до тех пор, пока насаждение не будет разрушено лесным пожаром, который в сосняках на песчаных почвах выступает ведущим фактором в лесовозобновительном процессе (Санников, 2009). Подрост, длительное время пребывающий в состоянии угнетения, растет медленно, постепенно переходя в состав древостоя.

Исследованные сосновые древостои находятся на разных стадиях развития. Среди них одно средневозрастное насаждение (ППП 2), два – приспевающих (8, 17), четыре – спелых (28, 29, 30,

32) и два – перестойных (9, 11), сложенных несколькими поколениями сосны. Диапазон вариации возрастов деревьев в древостоях свидетельствует о разных типах их возрастной структуры. Так, сосняки на ППП 2 и 28 относятся к условно-однообразному типу (возраст изменяется в пределах одного класса возраста). В сосняке на ППП 17 древостой условно-разновозрастный, возраст деревьев выходит за пределы одного класса, но при этом они представлены одним поколением деревьев. Остальные насаждения по типам возрастной структуры относятся к ступенчато-разновозрастным и относительно-разновозрастным с демулационными фазами динамики. В них представлены несколько (до пяти) обособленных (разорванных) поколений деревьев.

Средневозрастные и приспевающие древостои сосняков лишайниковых характеризуются большой плотностью деревьев (2.3–2.5 тыс. экз. га<sup>-1</sup>), тогда как в спелых и перестойных насаждениях на ППП 11, 28, 29 число деревьев снижается и составляет 0.41–0.67 тыс. экз. га<sup>-1</sup>. Относительная полнота сосняков варьирует от 0.5 до 1.0. Запасы стволовой древесины в древостоях изменяются от 86 до 246 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>. Самый большой объем древесины (246 м<sup>3</sup> га<sup>-1</sup>) в исследованных сообществах отмечен в приспевающем сосновом насаждении (ППП 8) с большой плотностью деревьев.

**Строение древостоев по высоте.** Средняя высота деревьев сосны в древостоях лишайникового типа изменяется от 11 до 15 м (табл. 2). Следует отметить, что четкая взаимосвязь между высотой и стадией развития насаждения не прослеживается. Так, средняя высота деревьев в приспевающем сосняке (45–75 лет) на ППП 17 составляет 10.7 м, тогда как для близкого по возрасту древостоя (51–61 лет) на ППП 2 значение показателя – 13.2 м. Выявленные различия определяются, скорее всего, плотностью деревьев. Древостои этих сосняков находятся на стадии интенсивного роста в высоту. В сосняках на ППП 2 и 8 со средними высотами деревьев 12.2 и 13.9 м соответственно число деревьев в древостоях в два раза больше (2.3–2.5 тыс. экз. га<sup>-1</sup>), чем на ППП 17, тогда как средние диаметры всех этих трех сосняков находятся в пределах одной ступени толщины. Остальные исследованные сосняки лишайниковые представлены в основном сформированными спелыми и перестойными древостоями с колебаниями средних высот от 13 до 15 м.

Коэффициент изменчивости высоты деревьев в сосняках лишайниковых находится в пределах от 9 до 34 %. Асимметрия высоты в большинстве сосняков незначительная – от –0.3 до 0.3. Это свидетельствует о почти нормальном (около среднего) распределении деревьев по высоте. В древостоях спелых (ППП 30 и

Таблица 2

Показатели строения древостоев по диаметру и высоте в сосняках лишайниковых

№ ППП	Средний диаметр, см	CV, %	A	E	Средняя высота, м	CV, %	A	E
2	11.6±0.1 <sup>1</sup>	36	0.6	0.2	13.2±0.1	9	-0.04	-0.2
8	11.6±0.1	43	1.4	2.6	13.9±0.0	15	0.3	-0.5
9	14.3±0.3	67	1.7	1.92	14.3±0.3	24	-0.2	-0.2
11	25.5±0.3	27	0.3	0.4	13.2±0.3	22	-0.9	0.6
17	10.7±0.3	45	1.9	5.0	10.7±0.6	30	1.0	0.6
28	19.3±0.9	58	0.1	-1.6	13.7±0.3	32	0.2	1.7
29	17.4±0.6	53	0.2	-1.3	12.2±0.3	34	-0.3	-1.4
30	18.1±0.5	35	-0.1	-0.7	14.7±0.1	12	-0.8	0.1
32	16.9±0.5	35	-0.1	-0.2	13.3±0.2	17	-0.9	0.2

Примечания: CV – коэффициент вариации; A – асимметрия, E – эксцесс; <sup>1</sup> среднее значение и ошибка среднего.

32) и перестойных (ППП 11) сосняков средние значения асимметрии по высоте отрицательные, что указывает на преобладание в них крупных (высоких) деревьев. В средневозрастном сосняке на ППП 17 мера косости смещена в сторону большого положительного значения с преобладанием в насаждении мелких по высоте деревьев. Экссесс представлен как положительными (высоковершинными), так и отрицательными (растянутыми) кривыми.

**Строение древостоев по диаметру.** Один из основных показателей строения древостоев – распределение деревьев по диаметру. На рис. 1 представлено распределение деревьев сосны и объемов заключенной в них древесины по ступеням толщины. Результаты статистического анализа рядов распределения деревьев сосны по диаметру приведены в табл. 2. Показано, что в средневозрастных и приспевающих сосняках средний диаметр составляет 11–12 см, спелых – 17–19, перестойных – 14–25 см. Небольшой средний диаметр стволов (14 см) в перестойном сосняке на ППП 9 мы объясняем его разновозрастной структурой (отмечены четыре поколения сосны). В сосняке на ППП 11 в древостое преобладают деревья старого поколения, представленные особями крупных ступеней толщины.

Коэффициент вариации по диаметру на всех исследованных объектах изменяется от 27 до 67 %, что свидетельствует о большой растянутости кривой распределения деревьев по толщине. Малая асимметрия по диаметру, близкая к нулевому значению ( $\pm 0.5$ ), отмечена в сосняках на ППП 11, 28, 29, 30, 32, что указывает на близкое к нормальному распределение деревьев по диаметру. Среднюю асимметрию по диаметру ( $A = \pm 0.5-1.0$ ) наблюдали в сосняке на ППП 2. Остальные древостои характеризуются высокими положительными (более 1.0) значениями асимметрии. Это обусловлено превалированием мелких деревьев. Экссесс (мера крутости) в пяти насаждениях сосняков представлен положительными значениями (0.1–2.0), что отражает высоковершинность кривой и концентрацию деревьев в нескольких средних ступенях толщины. Отрицательная низковершинная мера крутости, характеризующая относительно равномерное распределение деревьев по ступеням толщины, выявлена в сосняках на ППП 28, 29, 30, 32.

В средневозрастных и приспевающих древостоях отмечена относительно высокая доля деревьев (13–17 % от общего числа) и запасов древесины (11–12 % от общего объема) в ступени толщины, соответствующей среднему диаметру. В спелых и перестойных сосняках лишайниковых она находится в пределах 1–12 %. Если к ступени толщины, к которой относится средний диаметр, добавить по одной ступени в сторону увеличения и уменьшения, то в средневозрастных и приспевающих сосняках на эти три ступени прихо-

дится 41–55 % от общего числа стволов и 32–44 % от запаса древесины древостоев, а в спелых и перестойных соответственно 6–48 и 5–46 %. Большой разброс приведенных показателей на поздних стадиях развития насаждения свидетельствует о наличии в древостое нескольких поколений сосны.

Распределение деревьев по размерам может дать информацию об истории нарушений, характеризует число поколений, продуктивность и устойчивость древостоев (Coomes, 2007). Установлено, что в исследованных среднетаежных сосняках лишайниковых кривая распределения деревьев по диаметру пульсирующая, но непрерывная на тонкомерных и средних ступенях толщины, за исключением сосняка на ППП 28 (рис. 1). Разрывы выявлены только для крупномерных деревьев. В средневозрастных и приспевающих насаждениях на ППП 2, 8, 17 тонкомерные (толщиной менее 12 см) деревья составляют 2/3 от общего их числа, а участие крупных (толщиной более 24 см) деревьев – единичное (1–4 %). В спелых и перестойных насаждениях доля тонкомера варьирует в широких пределах – от 6 до 79 %. Высокая доля (79 %) тонкомера, отмеченная в перестойном сосняке на ППП 9, определяется его возрастной структурой – здесь присутствуют четыре возрастных поколения сосны (Кутявин, 2014). Участие крупных деревьев в спелых древостоях изменяется от 5 до 35%, в перестойных – от 14 до 53. Таким образом, строение древостоев лишайниковых сосняков остается не постоянным и в процессе их развития изменяется от простого, состоящего из одного поколения, к сложному, образованному несколькими поколениями.

В древостоях сосняков лишайниковых запасы стволовой древесины незначительные. Так, в средневозрастных и приспевающих древостоях в тонкомере сосредоточено 19–36 %, спелых – 2–3, перестойных – 0.3–16 %. В накоплении запасов древесины участие крупномерных деревьев на этих стадиях развития изменяется соответственно от 3 до 26, от 13 до 82, от 63 до 75 %. В средневозрастных, приспевающих и спелых сосняках большая часть запасов древесины концентрируется в деревьях средних ступеней толщины, тогда как в перестойных сосняках стволовая древесина аккумулируется в деревьях крупных ступеней толщины. Распределение запаса древесины в пяти исследованных сосняках имело волнообразный характер. Роль деревьев отдельных ступеней толщины в накоплении древесины в них незначима. В древостоях сосняков на ППП 2, 11, 28 и 32 выявлены ступени толщины (14, 28, 32 и 20 см соответственно), концентрирующие более 20 % от общего запаса древесины. Известно, что каждой фазе развития соответствует определенный тип возрастной структуры древостоя (Кузьмичев, 1977). Вследствие этого возрастной этап развития лишайниковых сосняков послепожар-

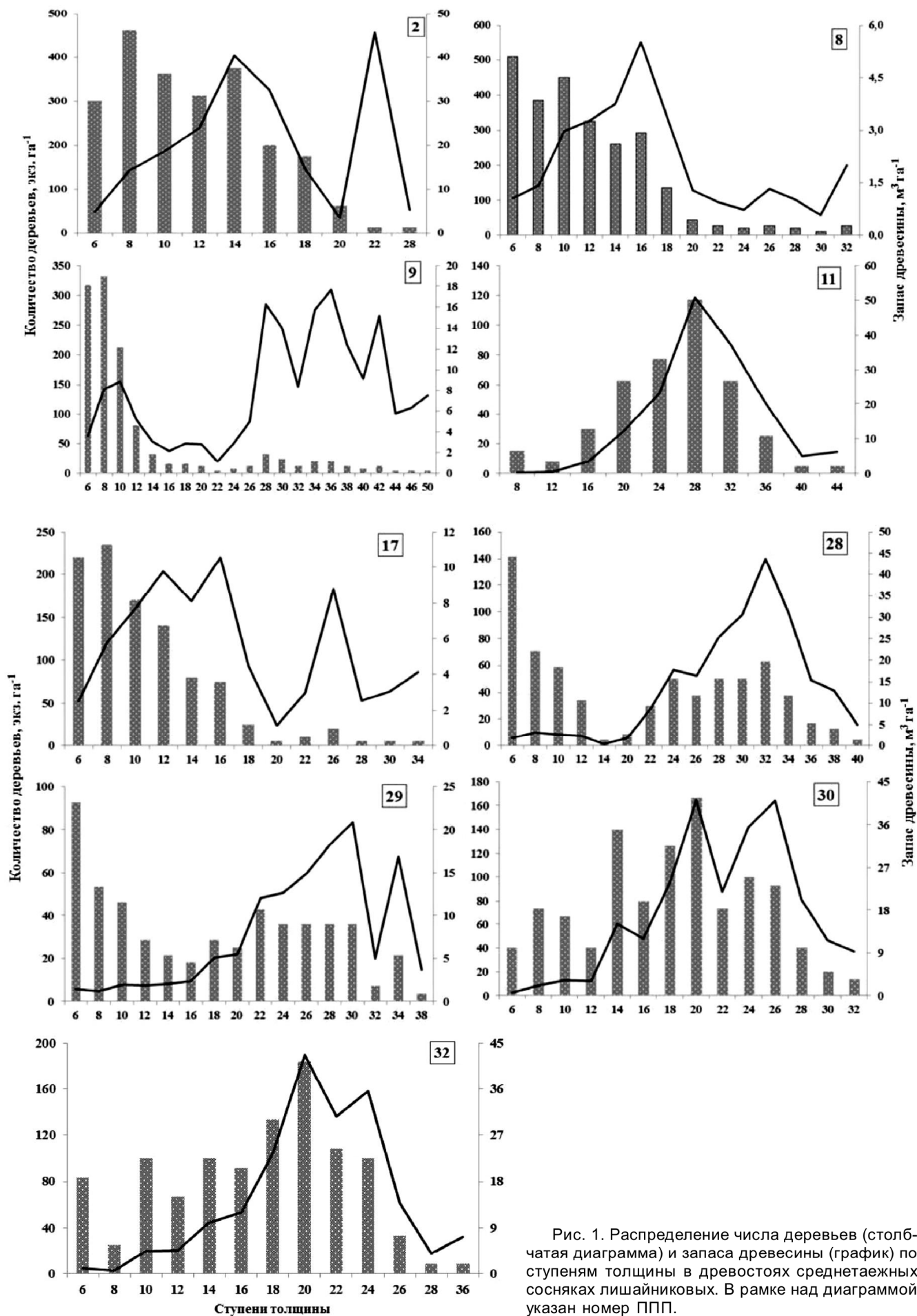


Рис. 1. Распределение числа деревьев (столбчатая диаграмма) и запаса древесины (график) по ступеням толщины в древостоях среднетаежных сосняках лишайниковых. В рамке над диаграммой указан номер ППП.

ного происхождения следует оценивать с учетом возрастной структуры древостоя, что определяет необходимость продолжения исследований в данном направлении.

В практике лесного хозяйства особое значение имеет прогноз числа деревьев разной крупности и запаса древесины в них. Знание закономерностей распределения деревьев по толщине в чистых по составу древостоях упрощает расчет выхода сортиментов. Мы считаем, что такие оценки можно выполнить по среднему диаметру древостоя как более легко измеряемому показателю. Расчет парных коэффициентов корреляции показал высокую положительную ( $R = 0.90$ ,  $F = 28.9$ ,  $p < 0.001$ ) взаимосвязь между средним диаметром стволов и вкладом крупномерных деревьев в густоту древостоя. Для тонкомера выявлена высокая отрицательная ( $R = 0.90$ ,  $F = 30.4$ ,  $p < 0.001$ ) связь между этими параметрами, а для деревьев средней категории крупности достоверной корреляции рассматриваемых показателей не отмечено ( $R = 0.34$ ,  $F = 0.9$ ,  $p = 0.37$ ). Статистически достоверной взаимосвязи между средним диаметром древостоя и вкладом крупных ( $R = 0.58$ ,  $F = 3.6$ ,  $p = 0.10$ ) и средних ( $R = 0.29$ ,  $F = 0.7$ ,  $p = 0.44$ ) деревьев в общий запас древесины не обнаружено, тогда как она установлена для тонкомерных деревьев ( $R = 0.82$ ,  $F = 14.2$ ,  $p = 0.01$ ). Совместного влияния среднего диаметра и высоты древостоя на участие деревьев средних и крупных ступеней толщины в аккумуляции древесины не выявлено.

**Взаимосвязь высоты и диаметра деревьев сосны в сосняках лишайниковых.** Диаметр ствола на высоте 1.3 м является основным предиктором, который используют для оценки высоты и размеров деревьев (Sumida, 2013). Анализ характера кривой и величины аппроксимации тренда показали, что в сосняках лишайниковой группы типов леса логарифмическая функция более приемлема для описания корреляции между диаметром и высотой дерева (табл. 3). Это вполне согласуется с выводами, полученными ранее В.И. Левиным (1966). Установлено, что величина аппроксимации тренда между высотой и диаметром дерева изменяется от 0.36 до 0.86. Более высокие значения (0.77–0.86) отмечены нами в приспевающих сосняках на ППП 8 и 17, а небольшие (0.36–0.39) – в перестойном (ППП 29) и спелом (ППП 28) насаждениях.

При натурных обследованиях достаточно трудоемким и длительным по времени является процесс измерения высоты деревьев. В связи с этим актуально выведение обобщенного уравнения зависимости, позволяющего оценить высоту деревьев по данным измерения диаметров. Для выведения такого уравнения мы использовали результаты 345 замеров высоты и диаметра деревьев сосны. Установлено, что взаимосвязь между этими параметрами описывается логарифмическим

Таблица 3

Уравнения взаимосвязи высоты (H) с диаметром ствола (D) на высоте 1.3 м у деревьев сосны в среднетаежных сосняках лишайниковых

№ ППП	Уравнение	R <sup>2</sup>	SEE
2	$H=3.31 \cdot \ln(D_{1.3})+5.06$	0.40	0.96
8	$H=5.18 \cdot \ln(D_{1.3})+1.80$	0.77	0.90
9	$H=6.39 \cdot \ln(D_{1.3})-5.12$	0.69	1.61
11	$H=5.73 \cdot \ln(D_{1.3})-4.79$	0.60	1.54
17	$H=6.47 \cdot \ln(D_{1.3})-4.26$	0.86	0.88
28	$H=6.33 \cdot \ln(D_{1.3})-3.70$	0.39	1.01
29	$H=6.92 \cdot \ln(D_{1.3})-6.43$	0.36	1.93
30	$H=5.36 \cdot \ln(D_{1.3})-0.52$	0.67	0.82
32	$H=5.45 \cdot \ln(D_{1.3})-1.71$	0.48	0.97

Примечания: R<sup>2</sup> – коэффициент детерминации; SEE – ошибка уравнения регрессии.

уравнением с достаточно высоким уровнем аппроксимации тренда (рис. 2А).

Мы проверили, как соотносятся данные расчета средней высоты древостоя по фактическим измерениям высот для конкретного сосняка и показателям, полученным по обобщенному уравнению зависимости высоты дерева от его диаметра (рис. 2Б). Различия средней высоты древостоя по фактическим и расчетным данным в древостоях сосняков лишайниковых варьировали от 1 до 29 % как в сторону увеличения, так и уменьшения. Небольшие (1–8 %) различия между фактическими и расчетными значениями средней вы-

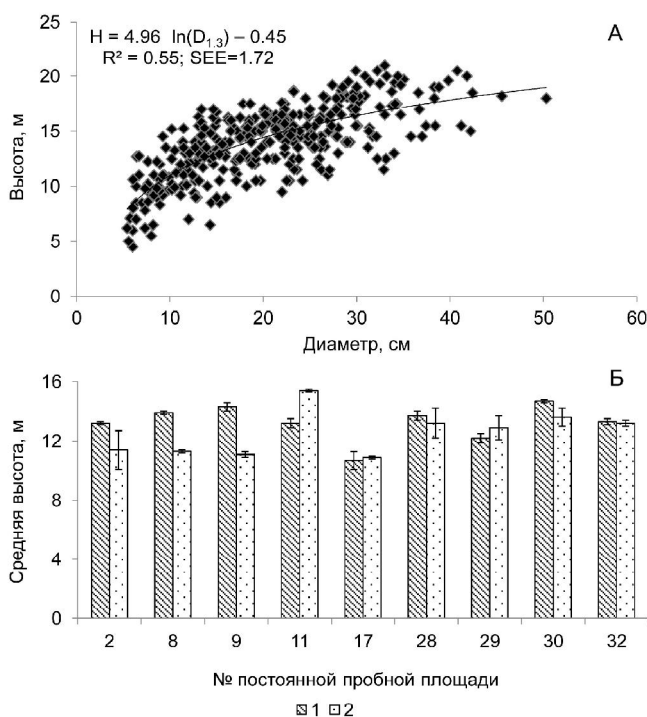


Рис. 2. Обобщенное уравнение взаимосвязи между диаметром и высотой у сосны (А) и корреляция расчета средней высоты древостоя по фактическим данным и обобщенному уравнению (Б). 1 – значение средней высоты по фактическим измеренным данным на ППП; 2 – значение средней высоты, вычисленное по обобщенному уравнению. Планки погрешностей – стандартная ошибка.

соты отмечены в сосняках лишайниковых на ППП 32, 17, 28, 29, 30. Более высокие (23–29 %) расхождения в оценках средней высоты древостоев выявлены в приспевающем сосняке на ППП 8 и в спелом, состоящем из нескольких поколений, на ППП 9. В древостоях сосняков на ППП 11 и 2 разность в этих показателях составила 14–16 %. Следовательно, обобщенное уравнение можно применять для вычисления высот древостоев среднетаежных сосняков лишайниковых по данным измерения их диаметров.

### Заключение

На европейском северо-востоке России древостои среднетаежных сосняков лишайниковых в основном чистые по составу, образованы одним или несколькими поколениями сосны. Они развиваются под воздействием пожаров, создающих благоприятные условия для возобновления новых поколений. Несмотря на периодически повторяющиеся низовые пожары, для древостоев характерны непрерывные кривые распределения деревьев по ступеням толщины, что свидетельствует о постоянном пополнении их за счет подроста сосны. Ход возобновления и формирования сосновых древостоев на бедных питательными элементами песчаных почвах регулируется прежде всего биоэкологическими свойствами сосны и взаимоотношениями между отдельными деревьями в процессе онтогенеза. Степень проявления этих свойств сосны-лесообразователя в том или ином возрасте в конечном итоге определяет особенности строения, морфоструктуры и состава древостоя на разных этапах послепожарной деградации. Коэффициент вариации диаметров деревьев сосны в древостоях сосняков лишайниковых представлен большими значениями (30 % и выше), его величина не зависит от возрастной стадии развития насаждения. Более половины исследованных сосняков характеризуется малой и средней асимметрией (как с положительными, так и отрицательными значениями) деревьев по толщине. В средневозрастных и приспевающих сосняках средняя высота деревьев зависит от густоты древостоя. При большой численности деревьев в древостое средняя высота увеличивается. Статистически достоверной корреляции между запасом древесины крупномерных/средних по толщине деревьев и средним диаметром ствола насаждения не выявлено. При этом она наблюдается для объема древесины тонкомерных деревьев. Установлено, что взаимосвязь диаметра на высоте 1.3 м и высоты дерева в сосняках лишайниковых достоверно описывается логарифмическими уравнениями. Выведено обобщенное уравнение зависимости высоты деревьев сосны от их диаметра на высоте 1.3 м, которое можно использовать для оценки высоты деревьев в среднетаежных сосняках лишайниковой группы типов в регионе исследования. Полученные новые данные

о строении древостоев сосновых лесов на европейском северо-востоке России найдут применение при разработке мероприятий для успешного управления процессами динамики роста сосны в лишайниковых типах сообществ на песчаных почвах.

*Работа выполнена в рамках темы НИР «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на европейском северо-востоке России» (номер государственного учета НИОКТР АААА-А17-117122090014-8).*

### ЛИТЕРАТУРА

- Атлас почв Республики Коми / редкол.: Г. В. Добровольский, А. И. Таскаев, И. В. Забоева. – Сыктывкар, 2010. – 356 с.
- Биопродукционный процесс в лесных экосистемах Севера / под ред. К. С. Бобковой, Э. П. Галенко. – Санкт-Петербург : Наука, 2001. – 278 с.
- Комин, Г. Е. Возрастная структура древостоев и принципы ее типизации / Г. Е. Комин, И. В. Семечкин // Лесоведение. – 1970. – № 2. – С. 24–33.
- Коренные еловые леса Севера: биоразнообразие, структура, функции / под ред. К. С. Бобковой, Э. П. Галенко. – Санкт-Петербург : Наука, 2006. – 337 с.
- Кузьмичев, В. В. Закономерности роста древостоев / В. В. Кузьмичев. – Новосибирск : Наука, 1977. – 157 с.
- Кутявин, И. Н. Роль возрастной структуры древостоев в строении коренных сосняков бассейна верхней и средней Печоры / И. Н. Кутявин // Вестник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2014. – № 5 (187). – С. 10–13.
- Кутявин, И. Н. Строение древостоев и состояние подроста старовозрастных сосняков в предгорьях Урала (бассейн верхней Печоры) / И. Н. Кутявин // Лесоведение. – 2013. – № 1. – С. 46–55.
- Левин, В. И. Сосняки европейского Севера: строение, рост и таксация древостоев / В. И. Левин. – Москва : Лесная промышленность, 1966. – 154 с.
- Леса Республики Коми / под ред. Г. М. Козубова, А. И. Таскаева. – Москва, 1999. – 332 с.
- Лесотаксационный справочник по северо-востоку европейской части Российской Федерации : нормативные материалы для Ненецкого автономного округа, Архангельской, Вологодской областей и Республики Коми. – Архангельск : Правда Севера, 2012. – 672 с.
- Манов, А. В. Строение древостоев притундровых ельников европейского Северо-Востока / А. В. Манов // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 2008. – № 5. – С. 43–51.
- Манов, А. В. Строение, состояние древостоев и естественное возобновление в островных массивах сосняков лишайниковых лесного заказника «Сула-Харьгинский» / А. В. Манов // Вестник Института биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН. – 2011. – № 9. – С. 34–37.
- Общесоюзные нормативы для таксации лесов / под ред. В. В. Загребеева, В. И. Сухих, А. З. Швиденко, Н. Н. Гусева, А. Г. Мошкалева. – Москва : Колос, 1992. – 495 с.
- Осипов, А. Ф. Изменение таксационных показателей, строения и биомассы древостоя среднетаежного сосняка черничного с 1978 по 2011 г. / А. Ф. Осипов // Актуальные проблемы биологии и экологии : материалы докладов XXIV Всероссийской молодежной научной конференции (с элементами научной школы), посвященной 55-летию Института биологии Коми НЦ УрО РАН. – Сыктывкар, 2017. – С. 106–108.

Санников, С. Н. Эволюционные аспекты пирозкологии светлохвойных видов / С. Н. Санников, Н. С. Санникова // Лесоведение. – 2009. – № 3. – С. 3–10.

Торлопова, Н. В. Сосновые леса европейского Северо-Востока: структура, состояние, флористический комплекс / Н. В. Торлопова, С. В. Ильчуков. – Екатеринбург : Изд-во УрО РАН, 2007. – 191 с.

Третьякова, В. А. Динамика распределения деревьев по диаметрам в густых культурах сосны, ели и кедра / В. А. Третьякова // Лесоведение. – 2005. – № 5. – С. 72–74.

Combining a predicted diameter distribution with an estimate based on a small sample of diameters / L. Mehtatalo, C. Comas, T. Pukkala [et al.] // Canadian Journal of Forest Research. – 2011. – Vol. 41. – P. 750–762. – doi:10.1139/X11-008

Coomes, D. A. Mortality and tree-size distributions in natural mixed-age forests / D. A. Coomes, R. B. Allen // Journal of Ecology. – 2007. – Vol. 95. – P. 27–40. – doi:10.1111/j.1365-2745.2006.01179.x

Ferreira de Lima, R. A. Modeling tree diameter distributions in natural forests: an evaluation of 10 statistical models / R. A. Ferreira de Lima, J. L. Ferreira Batista,

P. I. Prado // Forest Science. – 2015. – Vol. 61. – P. 320–327. – doi:10.5849/forsci.14-070

Soil organic matter stability in organo-mineral complexes as a function of increasing C loading / W. Feng, A. F. Plante, A. K. Aufdenkampe [et al.] // Soil Biology & Biochemistry. – 2014. – Vol. 69. – P. 398–405. – doi:10.1016/j.soilbio.2013.11.024

Stand height and cover type complement forest age structure as a biodiversity indicator in boreal and northern temperate forest management / D. L. P. Correia, F. Raulier, E. Filotas [et al.] // Ecological Indicators. – 2017. – Vol. 72. – P. 288–296. – doi:10.1016/j.ecolind.2016.08.033

Sumida, A. Relationships of tree height and diameter at breast height revisited: analyses of stem growth using 20-year data of an even-aged *Chamaecyparis obtusa* stand / A. Sumida, T. Miyaura, H. Torii // Tree Physiology. – 2013. – Vol. 33. – P. 106–118. – doi:10.1093/treephys/tps127

Wang, M. Tree diameter distribution modelling: introducing the logit-logistic distribution / M. Wang, K. Rennolls // Canadian Journal of Forest Research. – 2005. – Vol. 35. – P. 1305–1313. – doi:10.1139/X05-057

## THE STRUCTURE OF STANDS IN PINE FORESTS OF *LICHEN* TYPE IN MIDDLE TAIGA CONDITIONS ON EUROPEAN NORTH-EAST OF RUSSIA

A.F. Osipov, I.N. Kutjavin, N.V. Torlopova, E.A. Robakidze, K.S. Bobkova

*Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar*

**Summary.** The paper highlights the results on the structure of lichen pine stands in middle taiga zone of the European North-East of Russia. Distribution of pine trees by stem diameter and height was statistically analyzed. The height variation coefficient of pine trees varied from 9 to 34 % and the asymmetry was close to zero which practically indicates a normal distribution of trees. Conversely, the stem diameter variation coefficient ranged widely from 27 to 67 % and meant an expanded distribution of pine trees in stands by stem diameter. There are data on contribution of different stem diameter classes to the total standing crop value. In middle-aged and maturing stands, 41–55 % of trees and 32–41 % of wood volume belonged to the diameter class which corresponded to the average stem diameter of trees and to two adjacent diameter classes. In mature and over-mature stands, the values were 6–48 % and 4–46 %, respectively, which indicated several tree generations being at concerned development stages. We found a significant correlation (positive and negative) between the average stem diameter and number of large- and small-sized trees. But, there was no correlation between the average stem diameter and wood volume in large- and mean-sized trees. The generalized regression equation of correlation between tree height and its stem diameter was derived. This equation can be used to estimate tree heights using diameter measurements in middle taiga pine forests of lichen type in the European North-East of Russia.

**Key words:** pine forest, stand structure, correlation between height and diameter