

УДК 630\*182.22:630\*187:582.475(470.13-924.82)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.78

## ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СТРУКТУРА ДРЕВОСТОЕВ И ПОДРОСТА СЕВЕРОТАЕЖНЫХ КОРЕННЫХ ЕЛЬНИКОВ ЧЕРНИЧНО-СФАГНОВЫХ В ПРИУРАЛЬЕ\*

*А.В. Манов, канд. с.-х. наук*

*И.Н. Кутявин, канд. с.-х. наук*

Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, ул. Коммунистическая, д. 28, г. Сыктывкар, Республика Коми, Россия, 167982; e-mail: manov@ib.komisc.ru, kutjavin-ivan@rambler.ru

В статье рассмотрена пространственная структура древостоев и подроста двух коренных заболоченных ельников, находящихся в стадии климакса и спонтанно развивающихся в разных лесных массивах подзоны северной тайги в предгорьях Урала (Республика Коми). Представлены результаты сравнительного анализа размерной, возрастной и горизонтальной структур древостоев ельников. Показана степень дифференциации изучаемых растительных сообществ с учетом изменчивости диаметров деревьев на высоте 1,3 м и высоты подроста и использованием основных статистических показателей описательной статистики. В обоих ельниках отмечена большая вариабельность деревьев по диаметру, подроста – по высоте. Представлен тип возрастной структуры древостоев, подтверждающий их абсолютную разновозрастность. Приведены расчетные данные, полученные с помощью пространственной статистики и анализа точечных процессов проверки нулевой гипотезы о полной пространственной случайности. Выявлен случайный тип пространственной структуры как при совместном размещении деревьев, так и отдельно по категориям крупности и породам. Отмечена слабая агрегация лиственных деревьев на расстояниях менее 1 м. Подрост демонстрирует групповой характер размещения. Наиболее выражено скопление подроста в фитоценозе, в состав которого входит пихта. В выработавшихся, уравновешенных, климаксовых сообществах коренных типов леса обнаружен схожий тип горизонтальной структуры размещения деревьев и подроста на площади.

*Ключевые слова:* горизонтальная структура, ельник чернично-сфагновый, коренной лес, древостой, подрост, северная тайга, Приуралье.

### *Введение*

Площадь коренных таежных лесов на Европейском Севере России неуклонно снижается, основной причиной этого является истощение освоенных

---

\* *Финансирование:* Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Пространственно-временная динамика структуры и продуктивности фитоценозов лесных и болотных экосистем на Европейском Северо-Востоке России», № АААА-А17-117122090014-8 при финансовой поддержке комплексной программы № 18-4-4-29 УрО РАН «Зональные закономерности бюджета углерода в лиственно-хвойных экосистемах Европейского Северо-Востока», № АААА-А17-117122690104-0.

*Благодарности:* Авторы выражают благодарность д-ру биол. наук К.С. Бобковой за ценные советы в ходе подготовки рукописи статьи.

*Для цитирования:* Манов А.В., Кутявин И.Н. Горизонтальная структура древостоев и подроста северотаежных коренных ельников чернично-сфагновых в Приуралье // Лесн. журн. 2018. № 6. С. 78–88. (Изв. высш. учеб. заведений). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.78

лесов в процессе лесозаготовок, разведки и добычи полезных ископаемых. Массивы спонтанной тайги остаются нетронутыми на заповедных территориях и в буферных зонах, преимущественно в предгорьях Урала [8]. Однако в последнее время стали все чаще упоминаться эти территории как объекты для промышленного их освоения, что служит прямой угрозой сохранению эталонов европейской тайги и ее биоразнообразия. Именно эти леса нуждаются в постоянном наблюдении и всестороннем изучении, потому что они являются «лакмусовой бумажкой» глобальных природных изменений. Экономические потери от изведения аборигенного лесного покрова во много раз превысят экономическую выгоду от его освоения [1].

Ельники доминируют в северотаежных лесах Приуралья, где они формируют, как правило, смешанные по составу и сложные по форме разновозрастные древостои с непрерывным лесовозобновительным процессом [8]. В таких древостоях постоянно прослеживаются разносторонние взаимовлияния древесных растений, проявляющиеся в конкурентных меж- и внутривидовых отношениях [14, 16]. Однако напряженность конкуренции неодинакова, что связано с неравномерностью размещения деревьев и различиями их жизненного состояния, приводящими к дифференциации размеров особей. В итоге конкурентные процессы обуславливают формирование ценозов определенной пространственной структуры, от которой во многом зависит устойчивость и продуктивность лесных экосистем [7].

Цель исследования – определение закономерностей горизонтальной структуры древостоев и подроста коренных ельников чернично-сфагновых разных лесных массивов подзоны северной тайги.

Задачи исследования:

- изучить строение древостоев по диаметру деревьев в двух коренных заболоченных ельниках;
- оценить строение подроста по высоте под пологом еловых древостоев;
- проанализировать структуру размещения деревьев и подроста на площади.

Предполагается, что сопоставимость исследуемых ельников по густоте древесных растений, их размерной и возрастной структуре должна отразиться на близости показателей горизонтальной структуры древостоев и подроста.

#### *Объекты и методы исследования*

Объекты исследования – коренные ельники чернично-сфагновые климаксовых фаз динамики, развивающиеся в северотаежном районе Республики Коми в предгорьях Урала. Они относятся к Приуральскому елово-пихтовому округу Печорско-Уральской провинции. Изучаемые заболоченные ельники преимущественно без примеси пихты встречаются на слабо дренированных низинах, иногда у основания склонов и по окраинам болот. В составе древостоев характерно участие кедра [10].

Район исследования можно отнести к полюсу относительной недоступности, так как там отсутствуют какие-либо дороги, водный путь затруднен. В период полевых работ в исследуемых насаждениях не было обнаружено следов воздействий пожаров, ветровалов, очагов массового появления вредителей и болезней леса.

В 2015 г. в заболоченных коренных еловых сообществах были заложены две пробные площади (ПП) квадратной формы площадью 0,25 га.

Они расположены в разных лесных массивах и находятся на расстоянии ~50 км друг от друга в долготном градиенте. ПП условно обозначены по названиям рядом располагающихся географических объектов (рек).

Краткая таксационная характеристика данных объектов приведена в табл. 1.

Таблица 1

**Таксационная характеристика древостоев  
и подроста ельников чернично-сфагновых**

ПП	Состав	Порода	Возраст, лет	Густота, шт./га	Сумма площадей сечения, м <sup>3</sup> /га	Запас древесины, м <sup>3</sup> /га	Средние	
							высота, м	диаметр, см
<i>Древостой</i>								
«Оселок»	7ЕЗБ ед.К	Ель	55–240	564	11,80	90,0	10	14
		Береза	60–175	396	7,08	47,0	12	14
		Кедр	80–105	8	0,04	0,3	9	9
		<i>Всего</i>	–	968	18,92	137,3	–	–
«Щугор»	8Е2Б+К ед.Пх	Ель	105–190	460	15,40	106,9	10	14
		Береза	85–130	244	3,84	22,5	10	13
		Кедр	79–130	24	0,48	3,0	8	13
		Пихта	115–155	48	0,24	1,0	6	8
		<i>Всего</i>	–	776	19,96	133,4	–	–
<i>Подрост</i>								
«Оселок»	7БЗЕ+К	Береза	–	3504	–	–	1,4	–
		Ель	–	1664	–	–	1,6	–
		Кедр	–	256	–	–	0,8	–
		<i>Всего</i>	–	5424	–	–	–	–
«Щугор»	4Б4Е2Пх+К	Береза	–	1712	–	–	1,7	–
		Ель	–	1408	–	–	1,1	–
		Пихта	–	768	–	–	1,2	–
		Кедр	–	160	–	–	1,3	–
		<i>Всего</i>	–	4048	–	–	–	–

ПП «Оселок» (63°43'45,7" с. ш., 58°28'30,7" в. д.; 262 м над уровнем моря) расположена в еловом насаждении на окраине болота. Установлено, что насаждение образовано елью (*Picea obovata* Ledeb.), кедром (*Pinus sibirica* Du Tour) и березой (*Betula pubescens* Ehrh.). Ярусность древостоя не выражена. Сухостой и валеж, преимущественно из ели и березы, образуют стволы запас древесины 26 м<sup>3</sup>/га. Подрост представлен теми же видами древесных растений, что и древостой. Подлесок редкий из *Juniperus* sp., *Ribes rubrum* L., *Lonicera caprifolium* L., *Rosa acicularis* Lindl. В травяно-кустарничковом ярусе доминирует *Vaccinium myrtillus* L., присутствуют *Equisetum sylvaticum* L., *Avenella flexuosa* L. Drejer, *Cornus suecica* L., *Rubus chamaemorus* L., *Carex globularis* L., *Rubus arcticus* L., *Solidago virgaurea* L., *Epilobium angustifolium* L. Моховой покров из крупных пятен образован *Sphagnum* sp., *Hylocomium splendens* (Hedw.) Schimp., *Polytrichum commune* Hedw.

ПП «Щугор» (64°13'51,4" с. ш., 58°33'44,4" в. д.; 201 м над уровнем моря) также размещена в еловом насаждении на окраине болота. Древостой из ели, пихты (*Abies sibirica* Ledeb.), кедра и березы. Ярусность его не выражена.

Сухостой и валеж представлены всеми породами, образующими древесный ярус. Их общий стволовой запас составляет  $17 \text{ м}^3/\text{га}$ . Подрост состоит из тех же видов древесных растений, что и древостой. Подлесок из *Juniperus* sp., *Abies sibirica*, *Sorbus aucuparia* L., *Rosa acicularis*, *Lonicera caprifolium*. В травяно-кустарничковом ярусе господствуют *Vaccinium myrtillus* и *Rubus arcticus*, присутствуют *Equisetum sylvaticum*, *Rubus chamaemorus*, *Carex globularis*, *Vaccinium uliginosum* L., *Allium ursinum* L., *Cornus suecica* L. Моховой покров состоит из *Sphagnum* sp. и мелких пятен *Hylocomium splendens*, *Polytrichum commune*.

Закладка ПП и таксационный анализ выполнены согласно [4], проведен сплошной переучет деревьев. У всех деревьев измерены диаметр и высота ствола. Для определения возраста с помощью возрастного бура отобраны образцы древесины (керы) у 20 % деревьев [19]. Подсчет возраста деревьев проведен по сканированным изображениям кернов в специальной компьютерной программе Coorecorder. Из-за большого количества подроста учитывали на участке ПП размером  $25 \times 25 \text{ м}$ . Телескопической линейкой измеряли высоту всего подроста на участке, дополнительно определяли позиции деревьев и подроста на площади в прямоугольной системе координат ( $X, Y$ ) при помощи комплекса для инвентаризации леса Postex Laser Haglof с точностью  $0,01 \text{ м}$  [21].

Для оценки пространственной структуры древостоев и подроста в сложных по строению и смешанных по составу насаждениях проведено их деление по категориям крупности и видам древесных растений. Для этого были рассмотрены на ПП позиции всех деревьев диаметром  $6 \text{ см}$  и более на высоте  $1,3 \text{ м}$  (крупных  $d_{1,3} \geq 16 \text{ см}$ ; средних  $d_{1,3} = 10,0 \dots 15,9 \text{ см}$ ; мелких  $d_{1,3} = 6,0 \dots 9,9 \text{ см}$ ), хвойных и лиственных деревьев, всего подроста диаметром менее  $6,0 \text{ см}$  (крупного высотой  $h \geq 1,5 \text{ м}$ ; среднего  $h = 0,5 \dots 1,4 \text{ м}$ ; мелкого  $h < 0,5 \text{ м}$ ), хвойного и лиственного подроста. Сухостойные деревья, валеж и сухой подрост в анализе не участвовали из-за малой выборки статистических показателей, что привело бы к ослаблению пространственных эффектов [15].

Для изучения горизонтальной структуры ельников применялся подход пространственной статистики, включающий в себя методы точечных процессов [22]. Размещение деревьев и подроста на плоскости (двухмерное пространство) может быть рассмотрено как точечный процесс, где «точки» – это положение оснований их стволов относительно координат  $X, Y$ .

Математической моделью для анализа точечных процессов послужил однородный процесс Пуассона, при котором точки располагаются случайным образом [20]. В качестве статистического инструмента для оценки пространственных взаимодействий в точечных процессах использовалась простая в интерпретации и имеющая некумулятивный характер парная корреляционная функция  $g(r)$  [23]. Классический анализ точечных процессов основан на проверке нулевой гипотезы о полной пространственной случайности (ППС). Проверку этой гипотезы проводили методом Монте-Карло, который заключается в оценке значимости отклонения эмпирического  $\hat{g}(r)$  от теоретического  $g(r)$  значения функции [24]. Области с верхними (95 %) и нижними (5 %) доверительными интервалами принятия нулевой гипотезы о ППС получены с помощью 999 генераций модели однородного процесса Пуассона. Высокое число генераций позволяет уменьшить вероятность ошибки первого рода [18]. Выход кривой функции  $\hat{g}(r)$  на расстоянии  $r$  за пределы верхнего доверительного интервала ( $\hat{g}(r) > 1$ ) свидетельствует об агрегировании (скоплении,

группировании) точечных процессов, выход за пределы нижнего доверительного интервала ( $\hat{g}(r) < 1$ ) – о регулярности (равномерности, упорядоченности) точечных процессов на расстоянии  $r$ . Случайные точечные процессы (однородный процесс Пуассона) отмечаются тогда, когда значение  $\hat{g}(r)$  находится в пределах области принятия гипотезы о ППС ( $\hat{g}(r) = 1$ ).

Статистическая обработка пространственных данных проводилась в пакете Spatstat [17] в программной среде R (<http://r-project.org>).

Степень дифференциации растительных сообществ изучаемых ельников рассматривалась нами с учетом изменчивости диаметров деревьев на высоте 1,3 м и высоты подроста по И.И. Гусеву [2]. Для этого использовались основные статистические показатели описательной статистики, рассчитанные средствами компьютерной программы MS Excel. Для оценки коэффициента вариации ( $C_v$ ) при сравнении разных статистических выборок применяли следующие придержки, предложенные А.В. Тюриным [13]: малая изменчивость ( $C_v < 10\%$ ), средняя ( $C_v = 10...30\%$ ), большая ( $C_v > 30\%$ ).

#### Результаты исследования и их обсуждение

Сравнительный анализ строения древесного яруса исследуемых ельников чернично-сфагновых показывает, что диаметры среднего дерева ( $M \pm m_M$ ) в них имеют близкие значения. В обоих рассматриваемых древостоях отмечается большая изменчивость ( $C_v$ ) диаметров стволов растущих деревьев. В них преобладают деревья диаметром тоньше среднего ( $A > 0$ ), при этом ряды распределения диаметров высоковершинные ( $E > 0$ ), сгруппированы на ПП «Оселок» около среднего значения густо, на ПП «Щугор» – слабо (табл. 2).

Таблица 2

#### Статистика рядов распределения деревьев по диаметру и подроста по высоте

Статистический показатель	ПП «Оселок»		ПП «Щугор»	
	Диаметр, см	Высота, м	Диаметр, см	Высота, м
Среднее значение ( $M$ )	13,9	1,5	13,8	1,4
Стандартная ошибка среднего значения ( $m_M$ )	0,5	0,1	0,4	0,1
Среднеквадратичное отклонение от среднего значения ( $\sigma$ )	7,5	1,2	6,2	1,1
Точность опыта ( $p$ ), %	3,5	4,5	2,7	5,0
Коэффициент вариации ( $C_v$ ), %	54,2	84,0	44,7	79,7
Асимметрия ( $A$ )	1,7	1,6	1,0	1,4
Эксцесс ( $E$ )	4,0	2,4	0,8	2,5

Подрост в исследуемых ельниках имеет схожее строение. Он близок по средней высоте ( $M \pm m_M$ ). Вариабельность ( $C_v$ ) высоты подроста в обоих ельниках очень большая. Везде преобладает подрост с высотой ниже среднего ( $A > 0$ ), он сгруппирован ( $E > 0$ ) около среднего значения (табл. 2).

Согласно структуре древесного яруса таежных ельников С.А. Дыренкова [3] и классификации его по Г.Е. Комину, И.В. Семечкину [6], изучаемые древостои относятся к одному типу возрастной структуры – абсолютно разновозрастному (рис. 1).

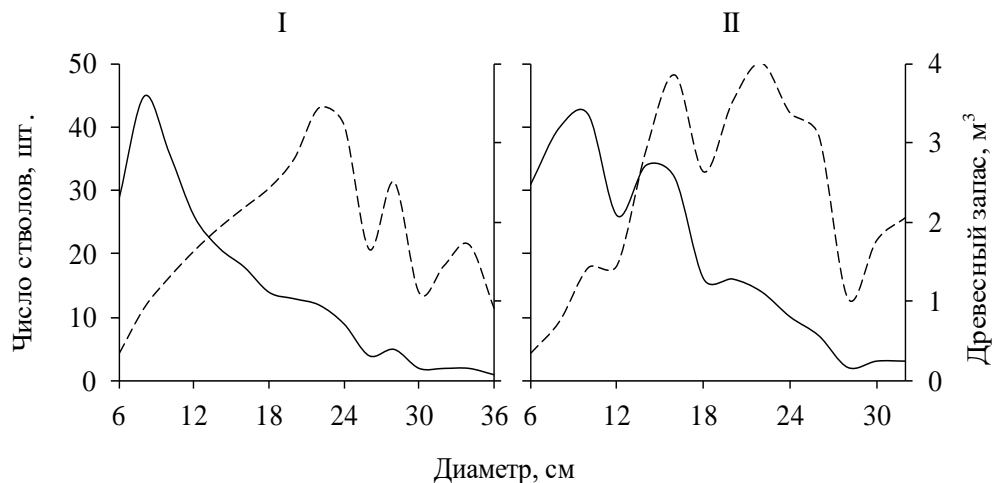


Рис. 1. Ряды распределения деревьев по диаметру на высоте 1,3 м в зависимости от числа стволов (сплошная линия) и древесного запаса (пунктирная линия): I – ПП «Оселок»; II – ПП «Щугор»

Fig. 1. Distribution series of trees by diameter at a height of 1.3 m depending on the number of trunks (solid line) and wood stock (dashed line): I – Oselok sample plot; II – Shchugor sample plot

В ходе статистического анализа данных по горизонтальной структуре древостоев ельников чернично-сфагновых выявлено, что размещение деревьев на площади носит случайный характер, т. е. модель пространственных точечных процессов соответствует однородному процессу Пуассона (рис. 2, Ia, IIa). В рассматриваемых древостоях отсутствуют пространственные зависимости в размещении деревьев крупной, средней и мелкой размерной категории по отдельности (рис. 2, Ib–г, IIб–г). Структура размещения хвойных деревьев на площади также характеризуется пространственной однородностью (рис. 2, Id, IIд). Однако на ПП «Щугор» отмечается слабое группирование хвойных деревьев на расстояниях менее 1 м, что связано с присутствием в составе древостоя пихты, которая в исследуемом сообществе образует ограниченные куртины из тонкомерных деревьев и подроста (рис. 2, IIд). Небольшое отклонение от пуассоновского процесса прослеживается в размещении лиственных деревьев на расстояниях менее 1 м, причиной которого является их порослевое происхождение из корневых отпрысков, ведущее к скоплению особей (рис. 2, Ie, IIe).

Процессы саморегуляции горизонтальной структуры фитоценозов исследуемых ельников отмечены в размещении подроста, для которого характерно групповое распространение, обусловленное их генезисом (рис. 2, IIIa–e, IVa–e). Бóльшая агрегированность особей древесных растений прослежена в размещении подроста на ПП «Щугор», что связано с наличием куртин пихты (рис. 2, IIIa–д, IVa–д). Подрост березы группируется примерно на равных расстояниях: на ПП «Оселок» – менее 4,0 м, на ПП «Щугор» – менее 4,5 м (рис. 2, IIIe, IVe).

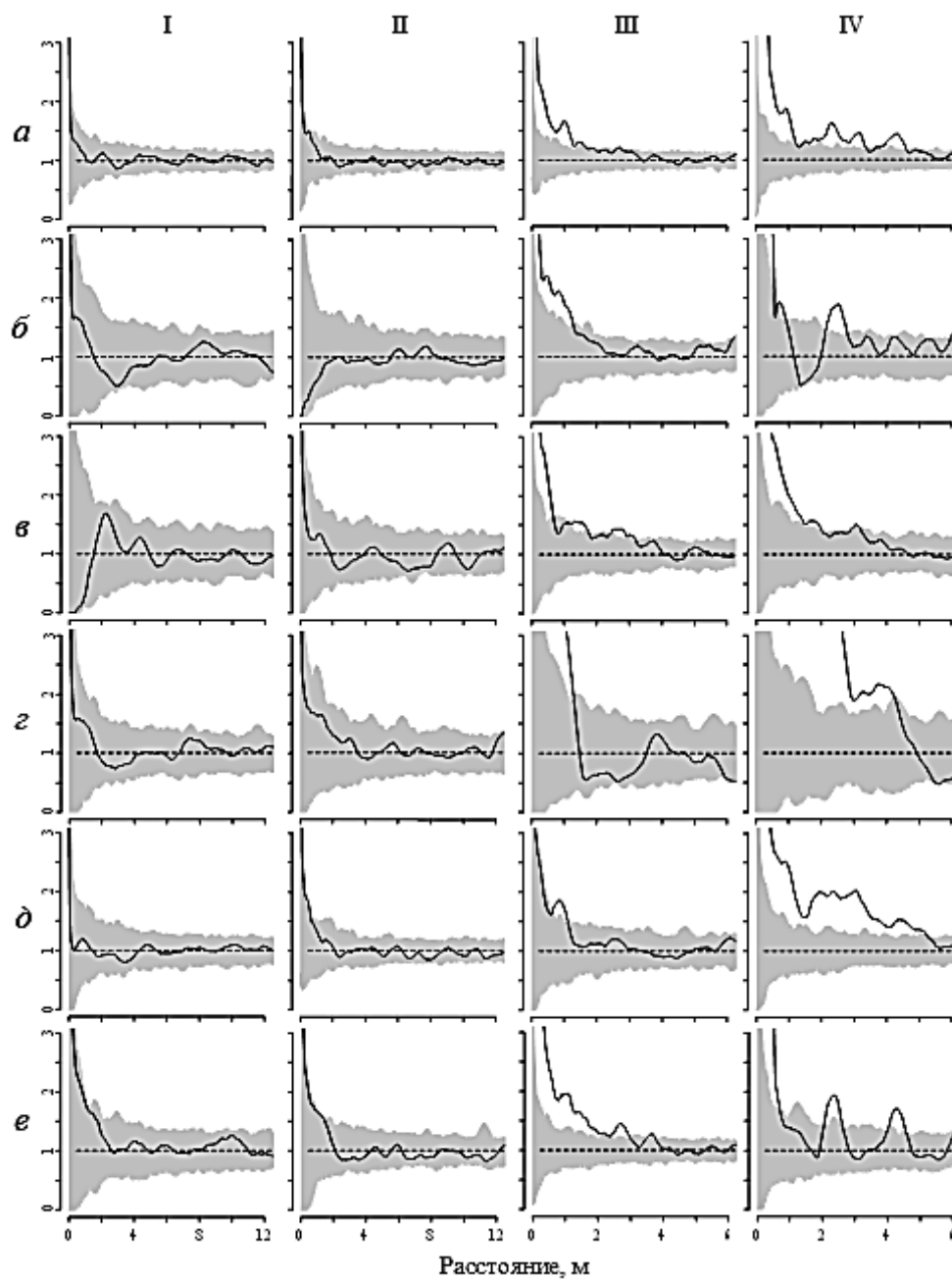


Рис. 2. Оценка эмпирической парной корреляционной функции  $\hat{g}(r)$  (сплошная линия) и области принятия нулевой гипотезы о случайности размещения древесных растений (серая область) разных категорий на площади: I – ПП «Оселок», деревья; II – ПП «Шугор», деревья; III – ПП «Оселок», подрост; IV – ПП «Шугор», подрост; *a* – все; *б* – крупные; *в* – средние; *г* – мелкие; *д* – хвойные; *е* – лиственные

Fig. 2. Assessment of empirical pair correlation function  $\hat{g}(r)$  (solid line) and acceptance zone of null hypothesis of complete spatial randomness of wood plants (gray area) of different categories in area: I – Oselok sample plot, trees; II – Shchugor sample plot, trees; III – Oselok sample plot, new growth; IV – Shchugor sample plot, new growth; *a* – all; *б* – large; *в* – medium; *г* – small; *д* – conifers; *е* – deciduous

Известно, что групповое размещение растений в естественно развивающихся фитоценозах происходит на стадии заселения территории и с возрастом меняет тип пространственной структуры [5, 7, 9, 11, 12 и др.]. В исследуемых ельниках наблюдается ослабление агрегированности особей древесных растений в категориях крупного и среднего подроста в возрасте более 20 лет (рис. 2, IIIб–в, IVб–в). Это связано с элиминацией в группах растений с высокой плотностью произрастания вследствие ограничения жизненного пространства и снижения количества питательных веществ в почве [5]. На данном этапе онтогенеза отмечается разрушение группового размещения древесных растений и переход их в случайный тип, что ведет к выравниванию напряженности взаимовлияния между растениями.

Сходство размерной, возрастной и пространственной структур исследуемых ельников чернично-сфагновых, развивающихся в разных лесных массивах, позволяет судить о близких условиях их формирования. Сложное структурное строение рассматриваемых нами сообществ, способность их к самовоспроизводству и медленный древесный отпад характеризуют их как наиболее выработавшиеся уравновешенные климаксовые древостои коренных типов леса [3, 12]. Здесь ель – мощный трансформатор экологических условий для подчиненных ценопопуляций – обуславливает их пространственный ритм размещения [16].

#### Заключение

Анализ экспериментальных данных подтвердил выдвинутую нами гипотезу о сравнимости горизонтальной структуры древостоев и подроста для коренных заболоченных ельников со схожим составом, строением и возрастной структурой. Насаждения чернично-сфагновых ельников, развивающиеся в естественных природных условиях северной тайги, формируют абсолютно разновозрастные древостои. Для растений древесного яруса характерно случайное размещение деревьев на площади. Небольшие скопления в составе древостоя могут образовывать деревья березы и пихты. В стадии подроста древесные растения размещаются группами.

Выявленные особенности горизонтальной структуры разновозрастных еловых древостоев отвечают природе коренных климаксовых ельников севера таежной зоны.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горшков В.Г., Макарьева А.М. Биотический насос атмосферной влаги, его связь с глобальной атмосферной циркуляцией и значение для круговорота воды на суше. Гатчина: ПИЯФ, 2006. 49 с.
2. Гусев И.И. Моделирование экосистем: учеб. пособие. Архангельск: АГТУ, 2002. 112 с.
3. Дырников С.А. Структура и динамика таежных ельников. Л.: Наука, 1984. 174 с.
4. Загреев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалева А.Г. Общесоюзные нормативы для таксации лесов. М.: Колос, 1992. 495 с.
5. Ипатов В.С., Тархова Т.Н. Количественный анализ ценологических эффектов в размещении деревьев по территории // Ботан. журн. 1975. Т. 60, № 9. С. 1237–1250.
6. Комин Г.Е., Семечкин И.В. Возрастная структура древостоев и принципы ее типизации // Лесоведение. 1970. № 2. С. 24–33.
7. Кузьмичев В.В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели. Новосибирск: Наука, 2013. 208 с.
8. Пахучий В.В. Девственные леса Северного Приуралья. СПб.: Наука, 1999. 136 с.
9. Плотников В.В. Эволюция структуры растительных сообществ. М.: Наука, 1979. 276 с.



10. Производительные силы Коми АССР. Т. 3, ч. 1. Растительный мир / сост.: В.М. Болотова, А.А. Дедов, А.Н. Лащенко, Ю.П. Юдин; отв. ред.: Н.Е. Кабанов. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1954. 378 с.
11. *Проскуряков М.А.* Горизонтальная структура горных темнохвойных лесов. Алма-Ата: Наука, 1983. 216 с.
12. *Стороженко В.Г.* Устойчивые лесные сообщества. Теория и эксперимент. Тула: Гриф и К°, 2007. 192 с.
13. *Тюрин А.В.* Основы вариационной статистики в применении к лесоводству. М.; Л.: Гослесбумиздат, 1961. 103 с.
14. Факторы регуляции экосистем еловых лесов / под ред. В.Г. Карпова. Л.: Наука, 1983. 318 с.
15. *Фардеева М.Б., Исламова Г.Р., Чижикова Н.А.* Анализ пространственно-возрастной структуры растений на основе информационно-статистических подходов // Учен. зап. Казан. ГУ. Сер.: Естеств. науки. 2008. Т. 150, кн. 4. С. 226–240.
16. *Цветков В.Ф.* Лесной биогеоценоз. Архангельск: Изд-во АГТУ, 2004. 268 с.
17. *Baddeley A., Turner R.* Spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns // Journal of Statistical Software. 2005. Vol. 12, no. 6. Pp. 1–42. Режим доступа: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v012i06> (дата обращения: 26.01.2005). DOI: 10.18637/jss.v012.i06
18. *Grabarnik P., Myllymäki M., Stoyan D.* Correct Testing of Mark Independence for Marked Point Patterns // Ecological Modelling. 2011. Vol. 222, iss. 23–24. Pp. 3888–3894.
19. *Grissino-Mayer H.D.* A Manual and Tutorial for the Proper Use of an Increment Borer // Tree-Ring Research. 2003. Vol. 59(2). Pp. 63–79.
20. *Illian J., Penttinen A., Stoyan H., Stoyan D.* Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns. Chichester: John Wiley & Sons, 2008. 560 p.
21. *Kalliovirta J., Laasasenaho J., Kangas A.* Evaluation of the Laser-Relascope // Forest Ecology and Management. 2005. Vol. 204, iss. 2–3. Pp. 181–194. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.09.020
22. *Schabenberger O., Gotway C.A.* Statistical Methods for Spatial Data Analysis. New York: Chapman & Hall/CRC, 2005. 512 p.
23. *Stoyan D, Penttinen A.* Recent Applications of Point Process Methods in Forestry Statistics // Statistical Science. 2000. Vol. 15, no. 1. Pp. 61–78. Режим доступа: <https://projecteuclid.org/euclid.ss/1009212674> (дата обращения: 24.12.2001). DOI: 10.1214/ss/1009212674
24. *Wiegand T., Moloney K.A.* Rings, Circles, and Null-Models for Point Pattern Analysis in Ecology. *Oikos*, 2004, vol. 104, iss. 2, pp. 209–229. Режим доступа: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0030-1299.2004.12497.x> (дата обращения: 16.01.2004). DOI: 10.1111/j.0030-1299.2004.12497.x

Поступила 05.02.18

UDC 630\*182.22:630\*187:582.475(470.13-924.82)

DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.78

### **Horizontal Structure of Forest Stands and New Growth of Northern Taiga Virgin Blueberry-Sphagnum Spruce Forests in Cisurals**

*A.V. Manov, Candidate of Agricultural Sciences*

*I.N. Kutjavin, Candidate of Agricultural Sciences*

Institute of Biology of Komi Scientific Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. Kommunisticheskaya, 28, Syktyvkar, Komi Republic, 167982, Russian Federation; e-mail: [manov@ib.komisc.ru](mailto:manov@ib.komisc.ru), [kutjavin-ivan@rambler.ru](mailto:kutjavin-ivan@rambler.ru)

The article considers spatial structure of forest stands and new growth of two virgin spruce blueberry-sphagnum forests in a climax stage and spontaneously developing in different forest

---

*For citation:* Manov A.V., Kutjavin I.N., Horizontal Structure of Forest Stands and New Growth of Northern Taiga Virgin Blueberry-Sphagnum Spruce Forests in Cisurals. *Lesnoy Zhurnal* [Forestry Journal], 2018, no. 6, pp. 78–88. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2018.6.78

lands of the Northern Taiga subzone and foothills of the Ural Mountains (the Komi Republic). The results of comparative analysis of size, age and horizontal structure of the forest stands are presented. The degree of differentiation of the studied plant communities was shown in respect of variability of trees diameters at a height of 1.3 m and height of new growth with the use of descriptive statistics indicators. Large variability of trees diameters and new growth heights in the both spruce forests was emphasized. Type of age structure of the forest stands which confirms their absolute age difference is shown. Estimated data received by the means of spatial statistics and point process analysis of testing of null hypothesis of complete spatial randomness is represented. Random spatial structure was found in the case of trees collocation and in the case of separate trees location according their sizes and breeds. Weak aggregation of deciduous trees at distances less than 1 m is emphasized. New growth demonstrates group character of distribution. Accumulation of the new growth in phytocenosis, which includes fir, is the strongest. The similar type of horizontal structure distribution of trees and new growth is found in developed balanced climax communities of virgin forests.

**Keywords:** horizontal structure, blueberry-sphagnum spruce forest, virgin forest, tree stand, new growth, Northern taiga, Cisurals.

#### REFERENCES

1. Gorshkov V.G., Makar'yeva A.M. *Bioticheskiy nasos atmosfery vlagi, ego svyaz' s global'noy atmosfery tsirkulyatsiyey i znacheniyey dlya krugovorota vody na sushe* [Biotic Pump of Atmospheric Moisture, Its Relation to Global Atmospheric Circulation and the Importance for the Water Cycle on Land]. Gatchina, PNPI Publ., 2006. 49 p. (In Russ.)
2. Gusev I.I. *Modelirovaniye ekosistem: ucheb. posobiye* [Modeling of Ecosystems: Educational Textbook]. Arkhangel'sk, ASTU Publ., 2002. 112 p. (In Russ.)
3. Dyrenkov S.A. *Struktura i dinamika tayezhnykh el'nikov* [Structure and Dynamics of Taiga Spruce Forests]. Leningrad, Nauka Publ., 1984. 174 p. (In Russ.)
4. Zagreyev V.V., Sukhikh V.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G. *Obshchесоюзные нормативы для таксации лесов* [All-Union Standards for Forest Valuation]. Moscow, Kolos Publ., 1992. 495 p. (In Russ.)
5. Ipatov V.S., Tarkhova T.N. *Kolichestvennyy analiz tsenoticheskikh effektov v razmeshchenii derev'yev po territorii* [Quantitative Analysis of Cenotic Effects in Trees Location over an Area]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical Journal], 1975, vol. 60, no. 9, pp. 1237–1250.
6. Komin G.E., Semechkin I.V. *Vozrastnaya struktura drevostoyev i printsipy eyo tipizatsii* [Age Structure of Forest Stands and the Principles of Its Typification]. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 1970, no. 2, pp. 24–33.
7. Kuz'michev V.V. *Zakonomernosti dinamiki drevostoyev: printsipy i modeli* [Dynamics Patterns of Forest Stands: Principles and Models]. Novosibirsk, Nauka Publ., 2013. 208 p. (In Russ.)
8. Pakhuchiy V.V. *Devstvennyye lesa Severnogo Priural'ya* [Virgin Forests of the Northern Cisurals]. Saint Petersburg, Nauka Publ., 1999. 136 p. (In Russ.)
9. Plotnikov V.V. *Evolutsiya struktury rastitel'nykh soobshchestv* [Evolution of Plant Communities Structure]. Moscow, Nauka Publ., 1979. 276 p. (In Russ.)
10. *Proizvoditel'nyye sily Komi ASSR. Vol. 3, p. 1. Rastitel'nyy mir* [Productive Forces of the Komi ASSR. Plant Life]. Ed. by N.E. Kabanov. Content by V.M. Bolotova, A.A. Dedov, A.N. Lashchenkova, Yu.P. Yudin. Moscow, AN SSSR Publ., 1954, 378 p. (In Russ.)
11. Proskuryakov M.A. *Gorizontal'naya struktura gornykh temnokhvoynykh lesov* [Horizontal Structure of Mountain Dark Coniferous Forests]. Alma-Ata, Nauka Publ., 1983. 216 p. (In Russ.)
12. Storozhenko V.G. *Ustoychivyye lesnyye soobshchestva. Teoriya i eksperiment* [Sustainable Forest Communities. Theory and Practice]. Tula, Grif i K° Publ., 2007. 192 p. (in Russ.)
13. Tyurin A.V. *Osnovy variatsionnoy statistiki v primenenii k lesovodstvu* [Fundamentals of Variation Statistics in Application to Forestry]. Moscow, Goslesbumizdat Publ., 1961. 103 p. (In Russ.)

14. *Faktory regulyatsii ekosistem elovykh lesov* [Factors of Ecosystems Regulating of Spruce Forests]. Ed. by V.G. Karpov. Leningrad, Nauka Publ., 1983. 318 p. (In Russ.)

15. Fardeyeva M.B., Islamova G.R., Chizhikova N.A. Analiz prostranstvenno-vozrastnoy struktury rasteniy na osnove informatsionno-statisticheskikh podkhodov [Analysis of the Spatial and Age Structure of Plants on the Base of Information and Statistical Approaches]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki* [Proceedings of the Kazan State University. Natural Sciences Series], 2008, vol. 150, book 4, pp. 226–240.

16. Tsvetkov V.F. *Lesnoy biogeotsenoz* [Forest Biogeocenosis]. Arkhangelsk, ASTU Publ., 2004. 267 p. (In Russ.)

17. Baddeley A., Turner R. Spatstat: An R Package for Analyzing Spatial Point Patterns. *Journal of Statistical Software*, 2005, vol. 12, no. 6, pp. 1–42. Available at: <https://www.jstatsoft.org/article/view/v012i06> (accessed 26.01.2005). DOI: 10.18637/jss.v012.i06

18. Grabarnik P., Myllymäki M., Stoyan D. Correct Testing of Mark Independence for Marked Point Patterns. *Ecological Modelling*, 2011, vol. 222, iss. 23–24, pp. 3888–3894.

19. Grissino-Mayer H.D. A Manual and Tutorial for the Proper Use of an Increment Borer. *Tree-Ring Research*, 2003, vol. 59(2), pp. 63–79.

20. Illian J., Penttinen A., Stoyan H., Stoyan D. *Statistical Analysis and Modelling of Spatial Point Patterns*. Chichester, John Wiley & Sons, 2008. 560 p.

21. Kalliovirta J., Laasasenaho J., Kangas A. Evaluation of the Laser-Relascope. *Forest Ecology and Management*, 2005, vol. 204, iss. 2–3, pp. 181–194. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.09.020

22. Schabenberger O., Gotway C.A. *Statistical Methods for Spatial Data Analysis*. New York, Chapman & Hall/CRC, 2005. 512 p.

23. Stoyan D, Penttinen A. Recent Applications of Point Process Methods in Forestry Statistics. *Statistical Science*, 2000, vol. 15, no. 1, pp. 61–78. Available at: <https://projecteuclid.org/euclid.ss/1009212674> (accessed 24.12.2001). DOI: 10.1214/ss/1009212674

24. Wiegand T., Moloney K.A. Rings, Circles, and Null-Models for Point Pattern Analysis in Ecology. *Oikos*, 2004, vol. 104, iss. 2, pp. 209–229. Available at: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.0030-1299.2004.12497.x> (accessed 16.01.2004). DOI: 10.1111/j.0030-1299.2004.12497.x

Received on February 05, 2018

---