

О НЕКОТОРЫХ ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ В СТРОЕНИИ ЕЛЬНИКОВ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОГО ПОДМОСКОВЬЯ

В.В. КИСЕЛЕВА, заместитель директора по научной работе, ФГБУ «Национальный парк «Лосиный остров»», канд. биол. наук⁽¹⁾,

С.А. КОРОТКОВ, доц. МГУЛ, канд. биол. наук⁽²⁾,

В.Н. КАРМИНОВ, доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽²⁾,

Л.В. СТОНОЖЕНКО, доц. МГУЛ, канд. с.-х. наук⁽²⁾

vvkisel@mail.ru, skorotkov@mgul.ac.ru, karminov@mgul.ac.ru, stonozhenko@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ ФГБУ «Национальный парк «Лосиный остров»

107113 Москва, Поперечный просек д. 1 «Г», Тел. 8 (499) 269-10-60

⁽²⁾ ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»

141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1,

Тел. 8 (498) 687-39-05, 8 (498) 687-35-67, 8(498) 687-39-21

Рассмотрены подходы к оценке структуры и устойчивости ельников северо-восточного Подмоскovie (национальный парк «Лосиный остров» и Щелковский учебно-опытный лесхоз). Ельники в этом регионе динамически неустойчивы. Исследования проводились на постоянных пробных площадях в зеленомошной и сложной группах типов леса. Возраст и радиальный прирост изучались с помощью взятия кернов на модельных деревьях. Степень сходства насаждений между собой определялась методом построения дендрограмм. Выявлены закономерности в строении ельников с учетом возрастной структуры и породного состава древостоев. Выделены 4 группы ценопопуляций ели европейской: инвазионные спектры, многовершинные растянутые спектры, многовершинные с пиком в левой части и одновершинные спектры с распределением, близким к нормальному. Насаждения с упрощенной и достаточно сложной структурой хорошо идентифицируются при помощи показателя ранговой структуры ($\Delta D_{отн}$). Показано, что оптимальная структура по диаметру формируется при доле ели 3–7 единиц, а в чистых или приближенных к ним ельниках возможность для дифференциации снижается. По возрастной структуре еловые сообщества подразделены на формирующиеся, условно-разновозрастные, разновозрастные и стареющие. Структура по диаметру далеко не всегда соответствует возрастной структуре насаждения. В ценопопуляции ели европейской часть экземпляров, отличающихся замедленным ростом, может оказаться более долговечной, чем деревья, развивающиеся оптимально. Структура древостоев по возрасту и диаметру во многом определяется густотой древостоя и смешением пород и наиболее выровнена в чистых высокополнотных лесах. Метод кластерного анализа на данном этапе исследований позволил достоверно выделить только «экстремальные» варианты насаждений.

Ключевые слова: ельники, ранговая структура, строение древостоев, северо-восточное Подмоскovie, кластерный анализ.

Северо-восточное Подмоскovie находится на границе Мещерской низменности и Клинско-Дмитровской гряды, где коренными являются хвойные леса, в частности ельники разных типов.

Интерес к ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) применительно к данной местности вполне объясним. С одной стороны, ель является здесь коренной породой для большинства местообитаний. Так, для вершин и склонов моренных холмов условно коренным типом леса считается ельник с липой лещиновый кислично-зеленчуковый, для флювиогляциальных равнин – ельники кисличные, кислично-черничные, разнотравно-кисличные [12]. С другой стороны, состояние ели как в национальном парке «Лосиный остров», так и в Щелковском учебно-опытном лесхозе

(ЩУОЛХ) по многим параметрам далеко от оптимального. Ельники, особенно чистые, поражены корневой губкой [5, 16], страдают от ураганных ветров, вспышек массового размножения вредителей. С динамической точки зрения положение ели нельзя считать устойчивым из-за слабого возобновления ели под пологом ельников, как это показано в ходе многолетних наблюдений Института лесоведения РАН [1, 11].

Индикатором пониженной устойчивости части ельников стали инвазии короеда типографа (*Ips typographus* L.) 2000–2002 и 2010–2013 гг. Если в ходе первой вспышки насаждения НП «Лосиный остров» пострадали незначительно, а в ЩУОЛХ очаги не имели сплошного характера, то при последней – в обоих лесных массивах произошло массо-

вое усыхание чистых и смешанных ельников, начиная с IV–V классов возраста. В НП «Лосинный остров» во многих случаях развитие очагов началось в тех же насаждениях, что и в 2000 г., что может указывать на их пониженную устойчивость.

Несмотря на усыхание тысяч гектаров ельников в северо-восточном Подмоскowie, наличие площадей со вторым ярусом и подростом ели заставляет задуматься о перспективах данной породы на исследуемой территории и выявлении оптимальной структуры насаждений с господством или участием ели. Весьма актуальным представляется поиск показателей, адекватно характеризующих устойчивость [6, 10].

Одной из важнейших интегральных характеристик ценопопуляции является ее стабильность, понимаемая как сумма устойчивостей к тем или иным факторам среды. Известно, что устойчивость насаждений зависит от их структуры. Стабильность определяется рядом свойств, из которых необходимо особо выделить неоднородность ценопопуляции, дифференциацию особей по жизненности и возрасту. О прямой связи неоднородности насаждения и его устойчивости пишет В.С. Ипатов [4]. Можно предположить, что более стабилен тот древостой, в котором варьирование диаметров максимально. Это означает максимальное разнообразие поколений, фенотипов и заполненность экологических ниш.

Традиционным способом характеристики строения насаждений по диаметру являются кривые (или гистограммы) распределения деревьев по ступеням толщины. Известно, что одновершинная, асимметричная кривая характеризует молодое насаждение или пройденное рубками ухода по низовому способу. По мере увеличения возраста насаждения ряды распределения деревьев по диаметру, как правило, растягиваются. Из-за уменьшения числа деревьев в насаждении кривая становится более плоской.

Двухвершинная кривая возникает в случае разделения насаждения на главный и подчиненный полог, например, после под-

селения подростка под основной полог и его выхода во второй ярус. Распределение деревьев по ступеням толщины в смешанных насаждениях, состоящих из светолюбивых и теневыносливых древесных пород, также характеризуется двух- или многовершинными кривыми.

По выражению Н.В. Третьякова, «все свойства дерева суть функции его ранга в насаждении» [19]. Ранг дерева достаточно точно определяется через его диаметр. К.К. Высоцким был разработан метод анализа строения смешанных древостоев при помощи редуционных чисел [2]. Все деревья в насаждении (или на пробной площади) ранжируются по диаметру по возрастанию и равномерно разделяются на 10 классов. Каждый класс (ранг) может быть охарактеризован редуционным числом – относительным диаметром $D_{отн}$, который подсчитывается как отношение среднего диаметра класса $D_{ср}$ к среднему диаметру 6-го класса D_6 (где находится среднее дерево). Интегральным показателем, характеризующим строение древостоев, является разность редуционных чисел по диаметру между 10 и 1 классом – $\Delta D_{отн}$.

Кроме того, показателем динамической устойчивости популяции является ее возрастная структура, представляющая собой соотношение между числом особей, находящихся на разных возрастных стадиях [13]. Устойчивой является популяция, имеющая в своем составе все или почти все возрастные стадии. В данной работе для оценки возрастной структуры вместо возрастных стадий мы использовали классы возраста и абсолютный возраст модельных деревьев.

В задачу данного исследования входило выявление закономерностей в строении ценопопуляций ели двух территорий восточного Подмоскowie – национального парка «Лосинный остров» и ЩУОЛХ, установление взаимосвязи между строением по диаметру, породным составом, возрастной структурой и условиями произрастания, выбор критериев для оценки устойчивости ельников, их разделение на группы экспертными и математическими методами.

Объекты и методы исследований. Характеристика пробных площадей

Структура и устойчивость ельников изучалась на постоянных пробных площадях (ППП), заложенных в национальном парке «Лосиный остров» и ЩУОЛХ в разных типах леса, как в насаждениях с преобладанием ели, так и в насаждениях, где молодое поколение ели формируется под пологом других пород (табл. 1). Были проанализированы данные, полученные в 2009–2014 гг.

Изучаемые ельники располагаются в дренированных местообитаниях, представлены лесами зеленомошной и сложной групп типов леса (типы условий произрастания B_2 – B_3 , C_2 – C_3 , ельники черничные, кисличные и сложные широколиственные). Пробные площади включают также производные от ельников типы леса (березняки и культуры сосны), в которых происходит восстановление коренной породы. Три пробные площади представляют собой старые еловые культуры с известной датой посадки, о происхождении других ельников достоверных данных нет. В насаждениях некоторых постоянных площадей НП «Лосиный остров» выделяются два высотных яруса (табл. 1). Насаждения НП «Лосиный остров» представляют 18 объектов, а ЩУОЛХ – 17 объектов.

Размеры пробных площадей в зависимости от возраста и полноты насаждений составляют от 0,25 до 0,6 га для НП «Лосиный остров», от 0,12 до 0,25 га для ЩУОЛХ; количество деревьев на пробных площадях – не менее 150, в том числе не менее 100 деревьев главной породы. При повторных перечетах в ведомость включались новые деревья, достигшие к моменту перечета учетного диаметра (ступени толщины 8 см).

У каждого дерева на пробной площади измеряли окружность на высоте 1,3 м, по которой затем вычислялся диаметр; определяли санитарное состояние по 6-балльной шкале. Для учетных деревьев производилось измерение высоты и радиального прироста за 5 и 10 лет. Высоты для всех остальных деревьев рассчитывались по графику высот, полученному по результатам измерений учетных деревьев.

В процессе обработки результатов перечета строились графики, отображающие высотную структуру и позволяющие разбить насаждение на ярусы, гistogramмы распределения по ступеням толщины с интервалом 2 см, производилась разбивка древостоя на 10 классов по диаметру (рангов) с последующим вычислением редуционных чисел и разности относительных диаметров 10 и 1 класса для насаждения в целом и отдельно для ели.

На большинстве постоянных пробных площадей национального парка «Лосиный остров» в каждом классе по диаметру были выбраны 3 модельных дерева, из которых были взяты керны на высоте 0,3 м для определения возраста и величины радиального прироста. С каждой ППП было взято 25–30 модельных деревьев. Толщина годовых колец измерялась в камеральных условиях при помощи приростомера North Mechanic (Швеция), по результатам измерений был точно определен возраст моделей и построены дендрохронограммы.

На заключительном этапе исследования, чтобы одновременно проанализировать все полученные экспериментальные данные и оценить степень сходства (или различия) насаждений между собой, были использованы методы многомерной статистики, в частности, метод построения дендрограмм.

Дендрограмма отображает степень различия между отдельными объектами и их группами. Построение дендрограммы необходимо для «свертки» информации и выдвижения гипотез о возможном числе классов на множестве объектов.

В качестве меры различия было выбрано нормированное евклидово расстояние, которое представляет собой геометрическое расстояние в многомерном пространстве. В общем виде данный критерий для любой пары объектов (x_i и y_i) по всем q признакам записывается формулой [1]

$$d_{xy} = \frac{1}{q} \left(\sum_{i=1}^q (x_i - y_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

где x , y – объекты;

q – число признаков;

d – расстояние между объектами.

Характеристика постоянных пробных площадей

The characteristics of permanent plots

№ ППП	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Полнота общая	Сумма площадей сечения, м²/га	Возраст, лет	Запас, м³/га	Тип леса	Бонитет (по М.М. Орлову)	Состав
Щелковский учебно-опытный лесхоз									
3	31,1	30,0	0,63	37,0	100	513	Е чер	I	10Е
6	32,6	27,2	0,5	19,7	102	247	Е кис	I	10Е+Б
10	24,4	23,4	0,71	37,4	82	415	Е чер	II	7Е2Ос1Б
28	20,3	20,2	0,95	46,4	46	452	Е кис	Ia	10Е
100	20,9	21,7	0,66	33,4	47	347	Е кис	Ia	7Е2Б1Ос
101	28,8	25,6	0,68	37,0	93	444	Е чер	I	7Е2Ос1Б
102	30,1	28,7	0,61	24,2	92	323	Е кис	I	10Е
103	27,7	28,3	0,6	34,4	89	452	Е чер	I	9Е1Б
104	27,5	27,1	0,66	47,0	74	594	Е кис	I	9Е1Б
106	14,2	15,2	0,97	40,6	44	310	Е кис	I	10Е
107	27,8	24,7	0,67	36,1	63	420	Е чер	Ia	9Е1Б
110	31,4	24,4	0,65	34,7	98	399	Е чер	II	9Е1Б
112	27,2	20,9	0,75	37,6	67	377	Е чер	II	9Е1Ос
113	26,6	25,8	0,61	33,8	88	409	Е чер	I	7Е2Б1Ос
115	29,5	28,1	0,70	39,9	81	521	Е кис	Ia	8Е2Лп
116	28,7	28,3	0,60	34,1	73	448	Е чер	Ia	10Е
117	30,7	24,5	0,93	49,7	82	574	Е чер	I	10Е
Национальный парк «Лосиный остров»									
7	31,8	26,6	0,80	44,3	100	568	Е слм	I	5Е2Б2Лп1С+Д
8	31,0	25,4	0,75	35,9	100	430	Е слм	I	7,5Е2Б0,5Лп+Д
16	28,9	27,4	0,75	38,6	95	551	Е слш	I	7,5Е1Лп0,5Ос0,5Кл0,5Д
17	29,8	24,8	0,85	40,7	100	542	Е слш	I	7Е2Лп1Б+Кл,Д
22	24,6	24,5	0,90	40,0	60	481	С кис	I	4С4Б2Е+Л+Кл+Лп
24	26,5	22,4	0,75	32,2	130	337	С кис	II	6С2Б2Е+Лп
26	34,3	27,6	0,70	36,9	90	485	Е кис	I	8Е1С1Б
29	33,8	27,5	0,65	35,4	90	494	Е кис	I	10Е+Б+С
30	30,9	31,0	0,80	44,8	107	649	Е кис	I	10Е+С+В
31	31,6	26,7	0,75	38,7	90	399	Е кис	I	8Е1С1Б
32	41,3	30,3	0,90	43,3	120	582	С кис	I	1 ярус: 4,5С4,5Е1Б / 2 ярус: 8,5Е1,5Б
36	25,2	24,4		42,5	62	468			1 ярус: 6Б3Е1С+Лп, ед.В / 2 ярус: 9Е1Лп, ед.Б
37	41,7	31,6	0,70	41,4	113	604	Е кис	I	10Е+Б,С
38	47,2	31,5		33,7	155	497	С кис		1 ярус: 6С3Е1Б+В / 2 ярус: 6Е2Б2В, ед.Кл
39	31,8	25,1	0,90	42,7	75	522	Е кис	I	5С5Е+Б
40	19,2	21,3	1,30	49,1	54	561	Б кис	Ia	1 ярус: 9Б1Е+ЧерМ*,В,С,Д / 2 ярус: 7Е2Б1В+ЧерМ,Д
46	38,3	26,8	0,75	40,0	100	467	Е слш	I	1 ярус: 5,5Е2Б1Д1Ос0,5Лп, ед.Кл / 2 ярус: 5Е2Б1Лп1Д 1Ряб, ед.Кл
47	43,8	26,7	0,70	32,3	110	363	Е слш	I	1 ярус: 9Е0,5Б0,5Д, ед.Лп / 2 ярус: 3Лп3Д3Б1Е

*остатки экспериментальных посадок черемухи Маака

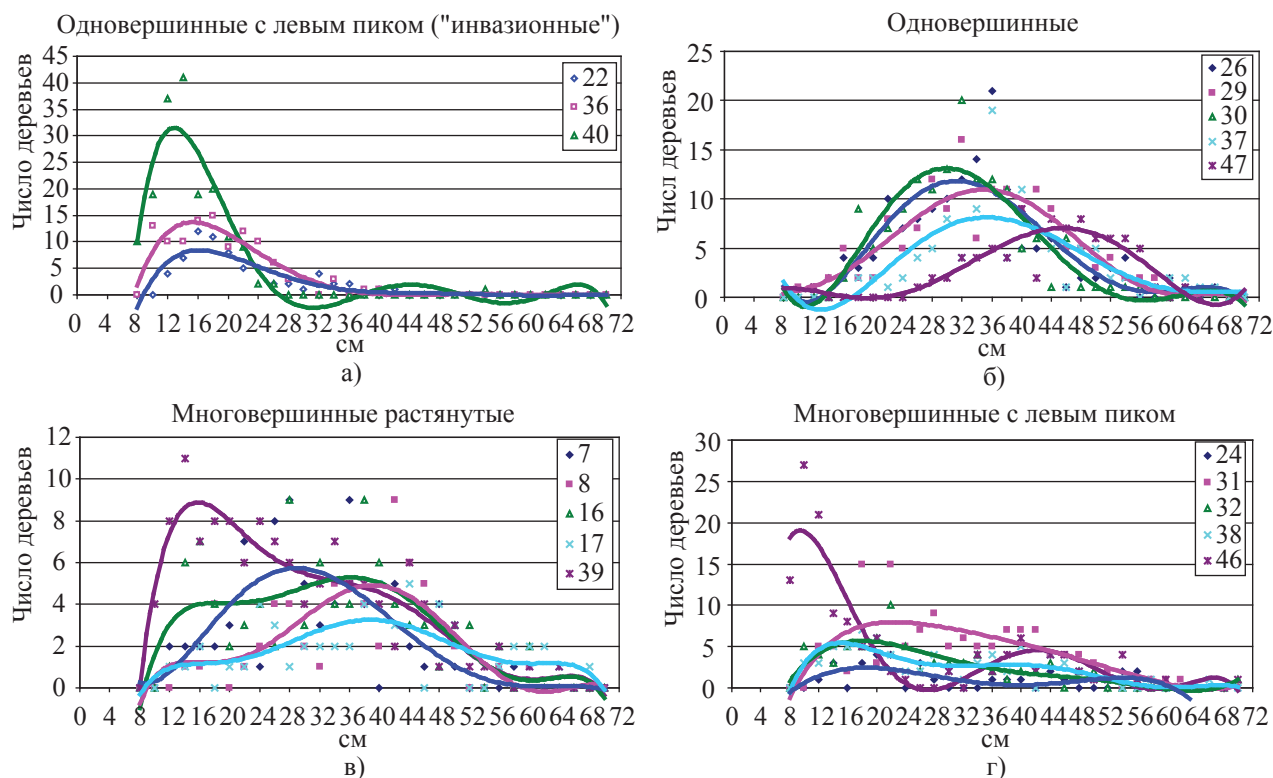


Рис. 1. Типы распределения деревьев ели по ступеням толщины на постоянных пробных площадях НП «Лосиный остров», 2010–2014 гг. (Примечание – цифры в легенде соответствуют номерам ППП. Точки – фактические данные, линии – сглаженные кривые)

Fig. 1. The types of distribution of spruce trees by diameter grades on permanent observation plots in «Losiny Ostrov», 2010–2014

Каждая из пробных площадей (объектов) описывалась комплексом из 52 показателей, отражающих таксационные характеристики насаждений и лесорастительные условия.

Дендрограммы строились для проверки методом кластерного анализа предварительно сделанной нами разбивки пробных площадей на группы по возрастной структуре и разности редуционных чисел. Важно также оценить, насколько группировка объектов по $\Delta D_{отн}$ будет соответствовать группировке объектов по другим показателям, а следовательно, насколько $\Delta D_{отн}$ адекватно отражает структуру и устойчивость насаждения или отдельной ценопопуляции. Анализ был проведен как для всей совокупности признаков, так и для отдельных групп признаков.

Результаты

Типы распределения деревьев ели по ступеням толщины

По виду графиков, характеризующих распределение деревьев ели на ППП по ступеням

толщины, а следовательно, возрастное и фенотипическое разнообразие ценопопуляций ели европейской, объекты НП «Лосиный остров» оказалось возможным объединить в 4 группы. Для наглядности распределения представлены не в виде столбчатых гистограмм, а в виде сглаженных кривых.

(1) Спектры, имеющие ярко выраженный максимум в левой части графика («инвазионные»), характерны для формирующегося 2-го яруса ели под пологом других пород. Они представлены пробными площадями № 22, 36 и 40 (рис. 1а). Величины $\Delta D_{отн}$ для ППП 22, 36 и 40 равны 1,22, 1,30 и 1,02, соответственно.

(2) Многовершинные растянутые спектры характерны для сложных кислотно-разнотравных ельников и ППП 38 (150-летний сосняк с елью лещиновым кисличным с подростом вяза) (рис. 1б).

Значения $\Delta D_{отн}$ для ППП 7, 8, 16, 17 равны 1,08, 0,87, 1,09, 1,15 соответственно. Таким образом, в большинстве случаев интервал значений $\Delta D_{отн}$ находится между 1,0 и 1,2.

(3) Многовершинные кривые с пиком в левой части гистограммы (рис. 1в) характерны для смешанных насаждений, в частности для пробных площадей № 24, 32 (ельники с сосной кисличные), 31 (ельник с сосной и березой кисличный), 46 (ельник сложный). Для этой группы закономерно максимальны значения разности редуционных чисел. Значения $\Delta D_{отн}$ для ППП 24, 31, 32, и 46 равны, соответственно 2,18, 1,26, 1,45, и 2,86.

ППП 38 и 39 по характеру распределения по ступеням толщины занимают промежуточное положение между второй и третьей группами.

(4) Одновершинные спектры с распределением, близким к нормальному. Эту группу составляют монокультуры (ППП 30 и 37), чистые ельники неопределенного происхождения (ППП 26 и 29) и еловая часть ППП 47 с наименьшим среди всех популяций $\Delta D_{отн}$. Значения $\Delta D_{отн}$ для ППП 26, 29, 30, 37 и 47 – 1,07, 0,99, 0,89, 0,86, 0,63, т. е. минимальные среди всей совокупности пробных площадей.

Связь между показателями возраста и диаметра

Зависимость на уровне ценопопуляции.

Как отмечалось выше, нормальное распределение по ступеням толщины указывает на одновозрастность и упрощенную структуру насаждения и, как возможное следствие, на его низкую потенциальную устойчивость [3]. Однако определение возраста модельных деревьев показало, что близкое к нормальному распределение по ступеням толщины было отмечено и в ельниках, имеющих в составе несколько поколений деревьев (ППП 26 и 29). Более того, ППП 29 характеризуется весьма сложными взаимоотношениями деревьев разных классов возраста, при котором одна ступень толщины с интервалом в 4 см может быть представлена деревьями 3–4 классов возраста [7].

Напротив, иные типы графиков не обязательно будут показателем разновозрастного насаждения и его высокой устойчивости.

Для большинства ППП наблюдается положительная (на уровне $r = 0,5$) связь меж-

ду возрастом и диаметром отдельных деревьев, как например, показано на рис. 2а для ППП 7 НП «Лосиный остров». С некоторой долей условности к таким насаждениям можно отнести площади, где старые деревья ели представлены единично, как, например, на ППП 24 (рис. 2б).

Однако для ряда пробных площадей самые старые деревья тоньше средних по возрасту и зависимость между возрастом и диаметром носит неопределенный характер (рис. 2в).

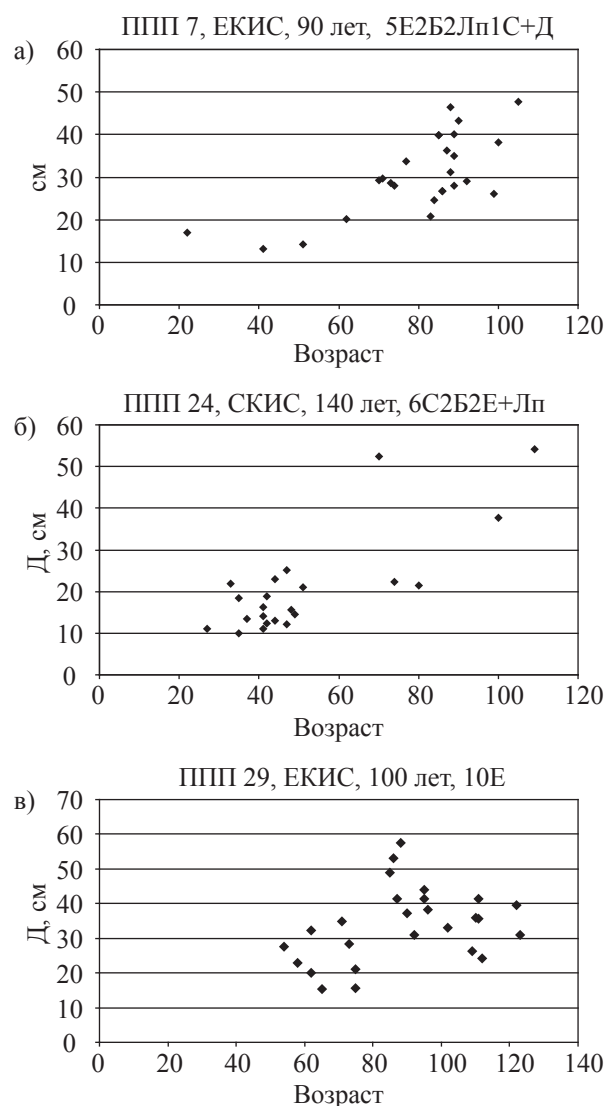


Рис. 2. Примеры зависимости между возрастом и диаметром модельных деревьев в ельниках НП «Лосиный остров» («а» – заметная положительная связь, «б» – положительная связь при преобладании молодых деревьев, «в» – отсутствие определенной связи)

Fig. 2. The examples of interdependence between the age and diameter of model trees in spruce forests of «Losiny Ostrov»

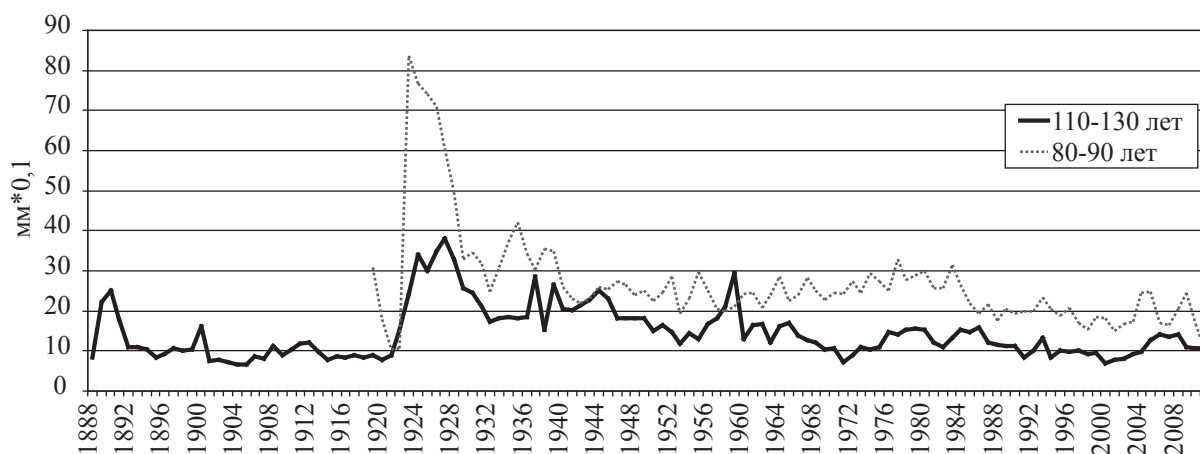


Рис. 3. Усредненные дендрохронограммы пяти самых старых и пяти самых интенсивно растущих деревьев на ППП 29 (национальный парк «Лосиный остров», ельник кисличный, 10Е)

Fig. 3. Averaged dendrochronograms of the five oldest and most intensively growing trees on the permanent observation plot no. 29 («Losinyy Ostrov», monodominant *Piceetum oxalidosum*)

Такое распределение показывает, что целое поколение деревьев может отличаться более интенсивным ростом, а более старое поколение – ростом замедленным.

Различия в интенсивности роста разных поколений деревьев можно выявить и при помощи дендрохронограмм. На рис. 3 приведены обобщенные дендрохронограммы с ППП 29 для 5 самых старых модельных деревьев в возрасте 110–130 лет, относящихся к 2–7 рангам по диаметру, и 5 деревьев в возрасте 80–90 лет, относящихся к 8–10 рангам. Радиальный прирост показан в абсолютных величинах.

Деревья старшего поколения в первые десятилетия жизни отличались замедленным

ростом, испытывая угнетение со стороны верхнего полога или иное негативное воздействие. К сожалению, таксационные описания первой половины XX в. на Алексеевский лесопарк не сохранились; на карте типов леса Н.А. Коновалова, 1929 г. [8], в этой части квартала показаны сосняки бруснично-черничные, условия в которых для ели весьма благоприятны. В середине 1920-х гг. произошли существенные изменения в условиях произрастания, приведшие к значительному увеличению радиального прироста у деревьев в возрасте 30–40 лет и появлению нового поколения ели, которое изначально отличалось интенсивным приростом по диаметру. Все последующее время пики и спады радиального прироста у двух поколений деревьев были почти синхронны, но абсолютные величины радиального прироста у молодых деревьев всегда оставались выше (рис. 3), что и обусловило их выход в высшие ранги по диаметру.

Зависимость на уровне всей совокупности исследованных насаждений. Была сделана попытка связать интегральный показатель $\Delta D_{\text{отн}}$ со средним возрастом модельных деревьев ели. На рис. 4 представлены результаты для трех групп пробных площадей в ельниках разных территорий – молодняки 2 класса возраста южной части Клинско-Дмитровской гряды (бывшие Правдинский лесхоз-техникум и Сергиево-Посадский опытный лесхоз) [9], ельники разных возрастов ЩУ-

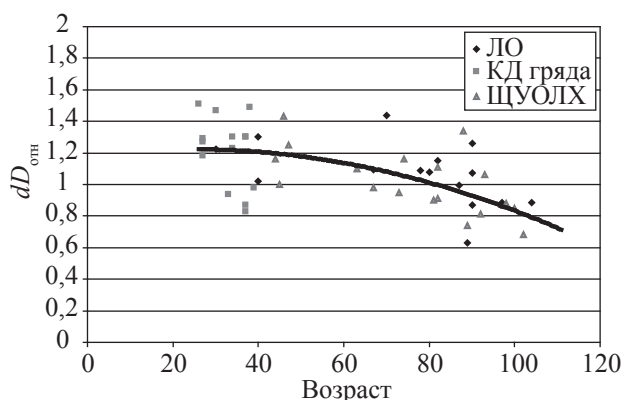


Рис. 4. Зависимость разности редуционных чисел по диаметру от среднего возраста модельных деревьев ели

Fig. 4. The difference of diameter reduction numbers depending on the average age of model spruce trees

**Соответствие между $\Delta D_{отн}$ и возрастной структурой
пробных площадей в НП «Лосиный остров»**
The correspondence between $\Delta D_{отн}$ and age structure of plots in Losiny Ostrov

ППП	Состав древостоя	$\Delta D_{отн}$ ели	Сред. D ели, см	Сред. возр. моделей, лет	Процент деревьев, представленных разными классами возраста						
					II	III	IV	V	VI	VII	неопр.*
40	1 ярус: 9Б1Е+ЧерМ**, В, С, Д 2 ярус: 7Е2Б1В+ЧерМ, Д	1,02	14,1	40	48,3	51,7	–	–	–	–	–
39	5С5Е+Б	1,10	27,1	67	7,7	15,4	38,5	15,4	3,8	–	19,2
24	6С2Б2Е+Лп+Ива	2,18	22,1	52	20,0	48,0	12,0	4,0	4,0	–	12,0
46	1 ярус: 5,5Е2Б1Д1Ос0,5Лп, ед.Кл 2 ярус: 5Е2Б1Лп1Д 1Ряб, ед.Кл	2,86	43,3	55	29,6	37,0	3,7	–	7,4	3,7	18,5
7	5Е2Б2Лп1С+Д	1,08	30,4	80	3,3	6,7	20,0	53,3	3,3	–	13,3
16	7,5Е1Лп0,5Ос0,5Кл0,5Д	1,09	31,8	78	–	3,7	48,1	18,5	7,4	–	22,2
17	7Е2Лп1Б+Кл, Д	1,15	39,3	82	3,5	–	31,0	31,0	6,9	–	27,6
29	10Е+Б, С	1,00	33,7	87	–	6,7	23,3	26,7	23,3	3,3	16,7
32	1 ярус: 4,5С4,5Е1Б 2 ярус: 8,5Е1,5Б	1,45	38,8	111	–	4,0	4,0	–	20,0	20,0	52,0
30	10Е+С, Б	0,89	31,2	104	–	–	6,3	12,5	56,2	12,5	12,5
37	10Е+Б, С	0,89	41,6	97	–	3,7	–	33,3	18,5	3,7	40,8
47	1 ярус: 9Е0,5Б0,5Д, ед.Лп 2 ярус: 3Лп3Д3Б1Е	0,63	45,0	89	–	–	16,7	29,2	12,5	–	41,6

Примечание: * деревья, в которых стволовая гниль не позволила определить возраст дерева; ** чермуха Маака

ОЛХ [17] и НП «Лосиный остров». Для сопоставимости результатов из лосиноостровской серии ППП были исключены 3 пробные площади национального парка, где большинство деревьев ели представлено экземплярами 2-го яруса и очень высоки значения разности относительных диаметров.

В целом по совокупности площадей с возрастом $\Delta D_{отн}$ постепенно снижается, что в общем случае объясняется естественным отпадом деревьев низших классов местоположения в процессе развития древостоя.

Однако с точки зрения устойчивости важен не только средний возраст, но и соотношение деревьев разных классов возраста, отражающее полночленность популяции. Отметим сразу, что строго полночленных популяций, соответствующих динамически устойчивым насаждениям, на исследованных ППП нет. В табл. 2 показатель структуры по диаметру сопоставлен с возрастной структурой еловой части насаждения. В целом наименьшие значения $\Delta D_{отн}$ соответствуют насаждениям, где ель представлена деревьями старших возрастов, а наибольшие, как прави-

ло, насаждением со значительным процентом деревьев 2–3 классов возраста.

Точное определение возраста модельных деревьев по результатам обработки кернов позволило объединить ценопопуляции ели на пробных площадях национального парка в 4 группы, примерно соответствующие классификации типов популяций Т.А. Работнова [13]:

- формирующиеся (молодое поколение ели под пологом других пород с инвазионным возрастным спектром) (рис. 5а);
- разновозрастные с преобладанием более молодых экземпляров (близкие к нормальным полночленным) (рис. 5б);
- условно-разновозрастные, имеющие нормальный неполночленный возрастной спектр с очень малым процентом молодых деревьев (рис. 5в);
- стареющие популяции (спелые древостои естественного происхождения или культуры, представленные деревьями 2–3 смежных классов возраста, со спектром, близким к регрессивному, не имеющие молодых экземпляров) (рис. 5г).

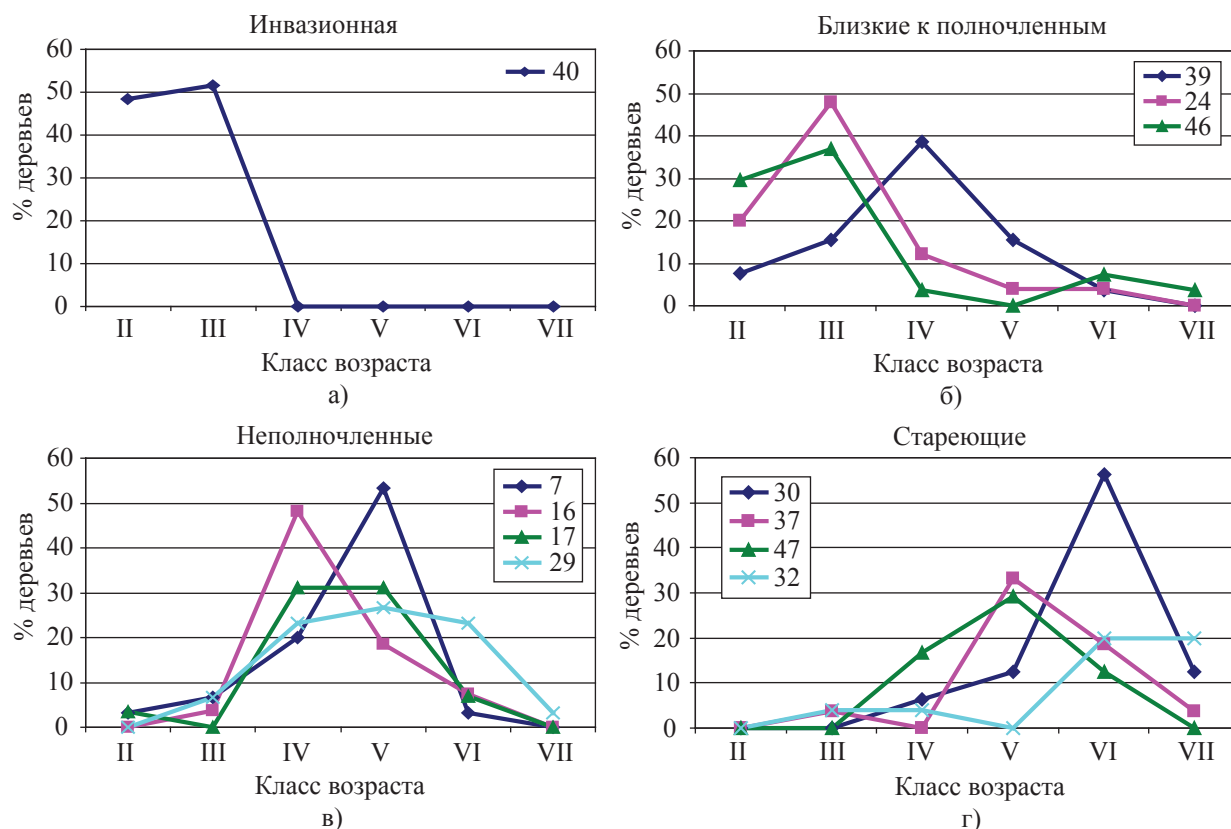


Рис. 5. Типы возрастных спектров ценопопуляций ели европейской на пробных площадях НП «Лосиный остров» (цифры в легенде соответствуют номерам ППП)

Fig. 5. Types of age spectra of spruce coenopopulations on permanent observation plots in «Losiny Ostrov».

Для некоторых площадей отнесение к той или иной группе достаточно условное из-за большого числа стволов, пораженных

гнилью, что не позволило точно определить возраст модельных деревьев.

С учетом того, что керны были отобраны не со всех пробных площадей, количество представленных объектов меньше, чем на рис. 1.

Распределение на группы по большей части сходно с таковым для ступеней толщины, но имеются исключения. Так, вместе с насаждениями, имеющими упрощенную структуру по диаметру, в группу стареющих популяций вошла ППП 32, характеризующаяся широким разбросом деревьев ели по диаметру (рис. 1в) и, следовательно, высоким значением $\Delta D_{\text{отн}}$.

Также была построена зависимость $\Delta D_{\text{отн}}$ ели от разности в возрасте между модельными деревьями 10 и 1 рангов по возрасту (рис. 6). Последнюю величину мы обозначили ΔA . Использование ранговой структуры по возрасту обусловлено тем, что абсолютный возраст преобладающего элемента леса не учитывает все многообразие экземпляров вида, представ-

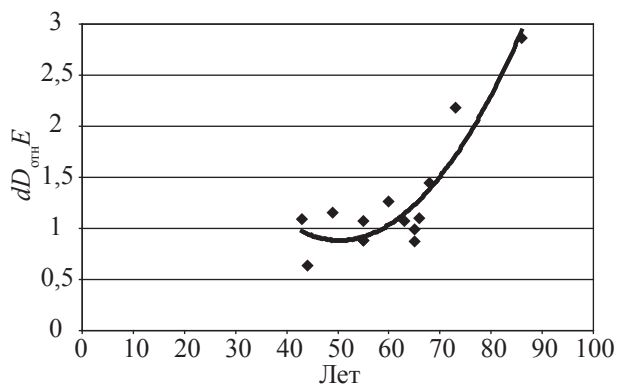


Рис. 6. Зависимость разности относительных диаметров от разности возрастов деревьев 1-го и 10-го рангов (ΔA) (цифры на графике соответствуют номерам ППП)

Fig. 6. The dependence of the relative diameters on the difference between the age of trees of the 1st and 10th diameter classes (ΔA). The numbers correspond to the numbers of permanent observation plots

ленное на пробной площади. Мы не использовали также абсолютную разность между наибольшим и наименьшим возрастом деревьев, чтобы исключить влияние единичных экстремальных значений. Из рассмотрения были исключены площади, где наблюдаются начальные стадии формирования ценопопуляции ели под пологом сосны и березы.

Зависимость разности относительных диаметров от амплитуды возрастов для ППП НП «Лосиный остров» описывается ветвью параболы с коэффициентом детерминации $R^2 = 0,84$ (рис. 6). В ее нижней части закономерно оказываются ППП № 47, 30 и 37 с однородной возрастной структурой и минимальными $\Delta D_{\text{отн}}$ по ели. В верхней части так же закономерно помещаются ППП 32, 24 и 46, на которых достаточно много молодых экземпляров ели. Но в целом, как уже было показано ранее на рис. 1в, структура по диаметру далеко не всегда определяется возрастной структурой.

Относительно более высокие значения $\Delta D_{\text{отн}}$ при небольшой амплитуде возрастов присущи ППП 16 и 17 – ельникам сложным, произрастающим на наиболее плодородных почвах и имеющим примесь других пород до 3 ед. Для этих ценопопуляций разнообразие структуры по диаметру определяется не только наличием разных поколений деревьев, но и мозаичностью условий произрастания, которые создаются в смешанном лесу при естественном развитии древостоя.

Обратную ситуацию представляют ППП 8 и 29, которые имеют в составе несколько поколений ели, в том числе и сравнительно молодые деревья, но структура по диаметру у них выровнена и близка к неустойчивым насаждениям. Если для ППП 29, представленной чистым ельником, низкую дифференциацию по диаметру можно объяснить однородностью древостоя за весь период его развития, то для ППП 8 слабая дифференциация по диаметру не вполне объяснима.

Влияние породного состава насаждений на структуру по диаметру

Влияние доли ели в составе насаждений на дифференциацию по диаметру, выраженную через $\Delta D_{\text{отн}}$, прослежено на со-

вокупности ППП в ельниках 80–100 лет НП «Лосиный остров» и ЩУОЛХ (рис. 7). Чтобы исключить влияние возраста, рассматриваются насаждения только V класса. Если исключить «экстремальные» значения $\Delta D_{\text{отн}}$, связанные с развитием 2 яруса, общая закономерность предстает в следующем виде: когда участие ели в составе насаждений незначительно, количества ее экземпляров недостаточно для полноценной дифференциации. Оптимальная структура по диаметру формируется при доле ели 3–7 единиц, а в чистых или почти чистых ельниках возможность для дифференциации снова снижается, уже из-за неблагоприятного светового режима и внутривидовой конкуренции, когда порода-эдикатор настолько контролирует среду, что не оставляет шансов для появления молодых экземпляров не только других пород, но и самой ели.

Применение кластерного анализа для группировки пробных площадей

Группировка по разности относительных диаметров ели и насаждения в целом позволяет довольно однозначно выделить чистые одновозрастные культуры с низкими значениями $\Delta D_{\text{отн}}$ (рис. 8). Включенная в эту же группу ценопопуляция ели европейс-

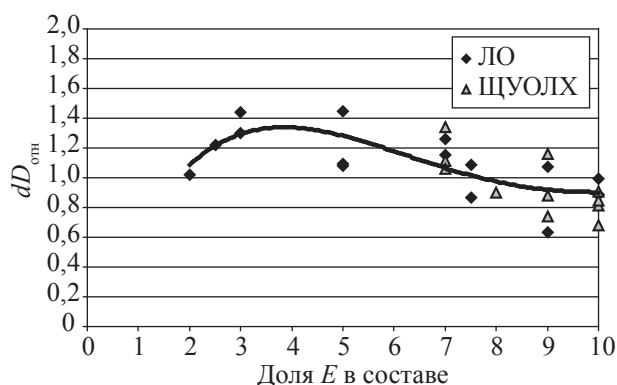


Рис. 7. Связь между долей ели в составе древостоя и разностью редуционных чисел на одноярусных пробных площадях в НП «Лосиный остров» (ЛО) и Щелковском учебно-опытном лесхозе (ЩУОЛХ) (возраст насаждений 80-100 лет)

Fig. 7. The relationship between the proportion of spruce in stand composition and the difference in reduction numbers on one-layered plots of Losiny Ostrov (rhombuses) and Shchelkovsky experimental forestry (triangles)

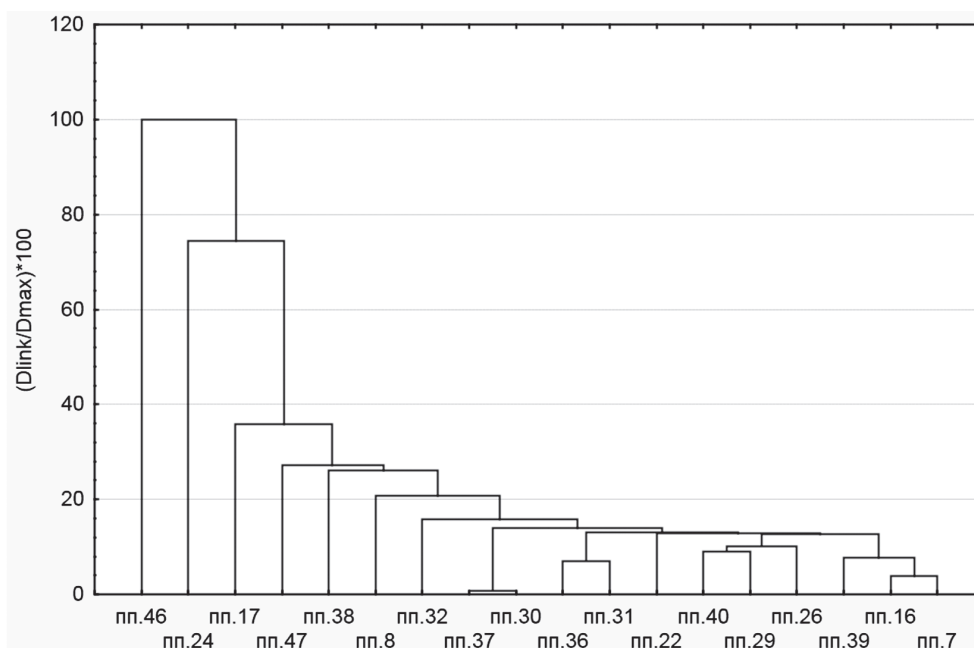


Рис. 8. Дендрограмма объектов по $\Delta D_{отн}$ для ели и $\Delta D_{отн}$ для ППП в целом
Fig. 8. An item dendrogram for $\Delta D_{отн}$ of spruce and $\Delta D_{отн}$ of permanent observation plots as a whole

кой с ППП 47 расположена на дендрограмме отдельно, т. к. ППП 47 в целом характеризуется достаточно высоким значением $\Delta D_{отн}$ (табл. 1) за счет наличия молодых деревьев широколиственных пород.

Насаждения с высокими значениями $\Delta D_{отн}$ (пробные площади 24, 32, 38, 46) формируют группу в левой части дендрограммы и при этом характеризуются очень слабым сходством между собой (рис. 8).

Остальные насаждения, имеющие значения $\Delta D_{отн}$ в интервале от 1,0 до 1,3, образуют достаточно аморфную группу, причем, в ней оказываются как ценопопуляции ели из 2-го яруса, так и спелые ельники. Данная группа внутри распадается на несколько кластеров, но разделение это выглядит достаточно формальным.

Таким образом, метод кластерного анализа по разности относительных диаметров на данном этапе исследований позволил достоверно выделить только «экстремальные» варианты насаждений. Разделение всех остальных по показателям структуры и устойчивости весьма неопределенно.

Группировка объектов по показателям, связанным с возрастной структурой, дает следующую картину (рис. 9). В правой час-

ти дендрограммы оказываются два кластера: ППП с однозначным преобладанием одного поколения ели в древостое (30, 37, 47) и группа «условно разновозрастных» площадей с преобладанием старших классов возраста (табл. 2). Следующий кластер, но уже с большим уровнем различия между собой, составляют пробные площади, где ель преимущественно входит в состав 2-го яруса (22, 40, 36 и, как ни странно, 39). Попадание последней площади в эту группу объясняется тем, что на ней, так же как и на трех предыдущих, ель значительно моложе сосны и несколько десятилетий назад, возможно, составляла 2-й ярус. Отделение ППП 38 от всей прочей совокупности объектов произошло из-за значительного возраста преобладающей породы (сосны), который превышает 150 лет.

Данная дендрограмма в целом подтверждает деление на группы по возрастной структуре, приведенное в табл. 2.

Наконец, дендрограмма объектов, построенная по всем 46 свойствам (рис. 10), отображает группировку скорее по условиям произрастания, нежели по показателям структуры. Так, минимальные различия показаны для ППП 26 и 29 (90-летние ельники кисличные в пределах одного урочища),

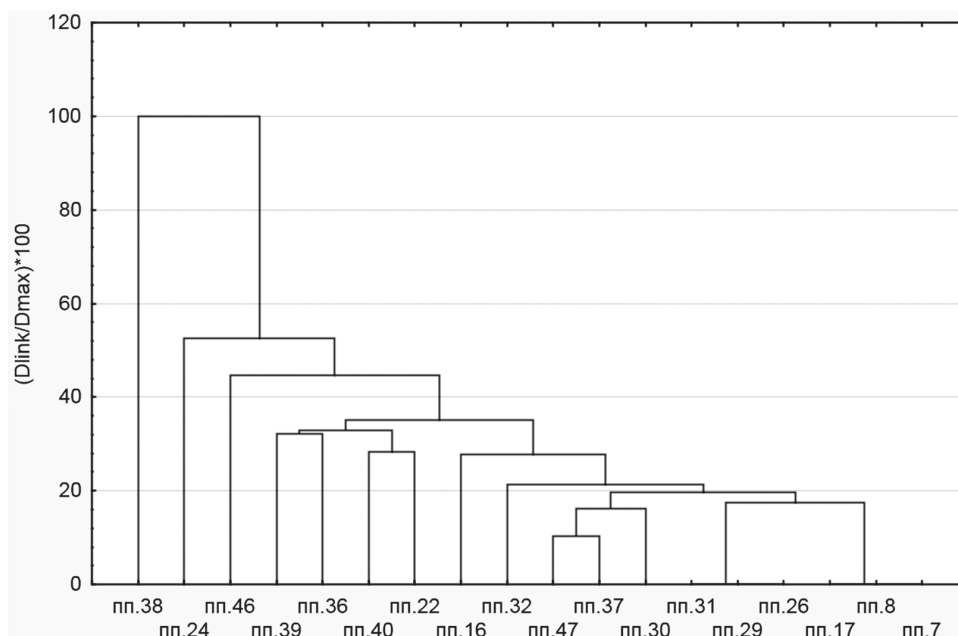


Рис. 9. Дендрограмма объектов по возрасту преобладающей породы на ППП и возрасту преобладающего поколения ели

Fig. 9. An item dendrogram for the age of predominant tree species and age of predominant spruce generation on permanent observation plots

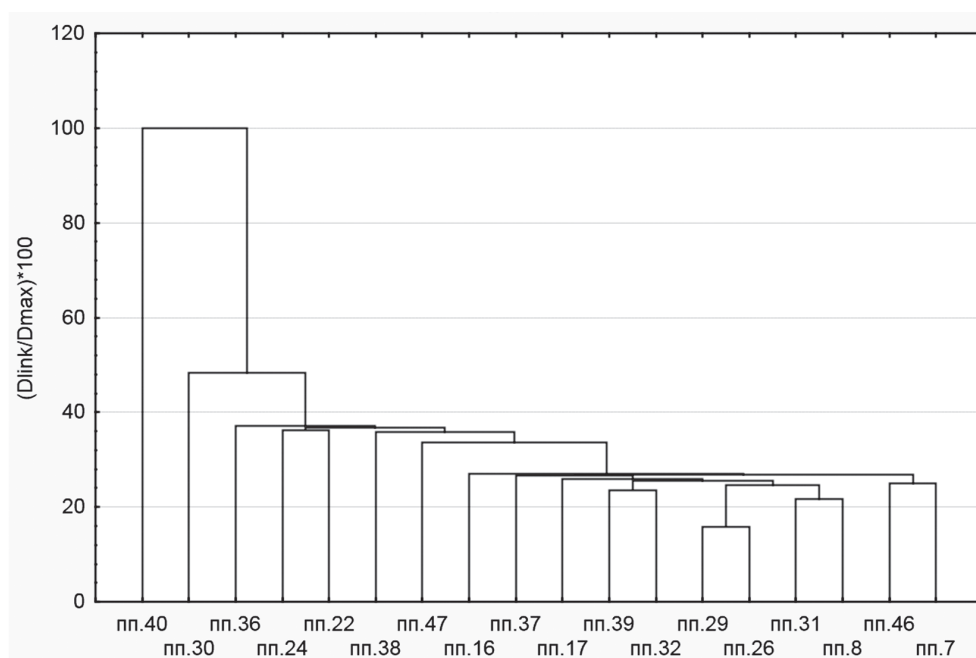


Рис. 10. Дендрограмма объектов по всей совокупности свойств

Fig. 10. An item dendrogram for all properties

46 и 7 (100-летние ельники сложные), 31 и 8 (90-летние ельники с участием березы), 32 и 39 (сосняки с елью кисличные).

Закключение

Говоря об использовании $\Delta D_{отн}$ как интегрального показателя структуры насажде-

ний можно отметить, что для условий национального парка «Лосиный остров» и ЩУОЛХ для приспевающих и спелых насаждений являются следующие пороговые величины.

Значения $\Delta D_{отн}$ ниже 1,0 характеризуют искусственные насаждения или же леса, приведенные многократными низовыми руб-

ками в состояние с предельно упрощенной структурой.

Величины от 1,0 до 1,3 – это леса условно разновозрастные, но с преобладанием деревьев старших возрастов, или, наоборот, второй ярус ели, развивающийся под пологом других пород и представленный деревьями 2-х смежных классов возраста.

Величины свыше 1,3 – леса, в которых численно преобладают более молодые деревья, способные обеспечить динамическую устойчивость породы.

Данные о возрасте модельных деревьев позволили получить представление о возрастной структуре популяций ели европейской на пробных площадях, использовать ее как критерий жизнеспособности и сопоставить с проанализированной ранее структурой по диаметру.

Структура по диаметру не всегда соответствует возрастной структуре насаждения. В ценопопуляции может присутствовать часть экземпляров, отличающихся замедленным ростом, более долговечная, чем деревья, развивающиеся оптимально: господствующие и прегосподствующие деревья растут быстро, но так же быстро выпадают; в итоге в насаждении сохраняется часть старшего поколения, отличающаяся замедленным ростом. «Чем быстрее растет лес, тем скорее он старится. Устойчивость лесных фитоценозов и их производительность находятся в обратно пропорциональных отношениях» [14].

Структура древостоев по возрасту и диаметру во многом определяется густотой древостоя и смешением пород и наиболее выровнена в чистых высокополнотных лесах. Оптимальная структура по диаметру формируется при доле ели 3–7 единиц.

По отдельным признакам кластерный анализ подтвердил проведенное экспертно разделение объектов на группы. В целом, с достаточным постоянством на разных дендрохронограммах выделяются только «экстремальные» варианты насаждений.

Библиографический список

- Абатуров, А.В. Естественная динамика леса на постоянных пробных площадях в Подмосковье / А.В. Абатуров, П.Н. Меланхолин. – Тула: Гриф и К., 2005. – 336 с.
- Высоцкий, К.К. Закономерности строения смешанных древостоев / К.К. Высоцкий. – М., 1962. – 178 с.
- Дробышев, Ю.И. Устойчивость древостоев: структурные аспекты / Ю.И. Дробышев, С.А. Коротков, Д.Е. Румянцев // Лесхоз. информ. – 2003. – № 7. – С. 2–11.
- Ипатов, В.С. Дифференциация древостоя, III / В.С. Ипатов // Вестник ЛГУ. Сер. Биол. – 1970. – Вып. 1. – С. 66–77.
- История и состояние лесов национального парка «Лосиный остров». – М.: Прима-пресс-М, 2000. – 104 с.
- Киселева, В.В. К истории формирования ельников «Лосиног острова» и оценке их устойчивости: Научные труды национального парка «Лосиный остров» / В.В. Киселева, С.А. Коротков, Л.В. Стоноженко, А.С. Юдакова, Н.А. Истомин. – М., 2010. – Вып. 2. – С. 61–74.
- Киселева, В.В. К возрастной структуре ельников «Лосиног острова» / В.В. Киселева, С.А. Коротков, Л.В. Стоноженко, Н.А. Истомин (под ред. В.В. Киселевой, Ф.Н. Ворониной) // Научные труды национального парка «Лосиный остров» – М.: Типография Эй Би Ти Групп, 2014. – Вып. 3. – С. 33–39.
- Коновалов, Н.А. Типы леса подмосковных опытных лесничеств Ц.Л.О.С. / Н.А. Коновалов // Тр. по лесн. оп. делу Центр. лесн. оп. станции. – М.-Л.: Сельхозгиз. – 1929. – Вып. V. – 159 с.
- Коротков, С.А. Особенности формирования ельников в условиях антропогенного стресса (на примере лесов Клинского-Дмитровской гряды): дисс. ... канд. биол. наук: 03.00.16 / С.А. Коротков. – М., 1998. – 24 с.
- Коротков, С.А. Структура, устойчивость и тенденции естественного возобновления ельников в национальном парке «Лосиный остров» / С.А. Коротков, В.В. Киселева, Л.В. Стоноженко, А.С. Юдакова, Н.А. Истомин // Леса Евразии – Брянский лес. Мат. XI Межд. конф. – М.: МГУЛ, 2011. – С. 61–63.
- Кулешов, А.П. Естественное возобновление ели в НП «Лосиный остров» / А.П. Кулешов // Состояние природных комплексов на особо охраняемых природных территориях. Матер. науч.-практ. конф., посвященной 25-летию национального парка «Лосиный остров». – Пушкино, 2008. – С. 104–107.
- Леса Восточного Подмосковья. – М.: Наука, 1979. – 184 с.
- Работнов, Т.А. Фитоценология / Т.А. Работнов. – М.: МГУ, 1978. – 384 с.
- Речан, С.П. Леса Северного Подмосковья / С.П. Речан, Т.В. Малышева, А.В. Абатуров, П.Н. Меланхолин. – М.: Наука, 1993. – 316 с.
- Рожков, В.А. Почвенная информатика / В.А. Рожков. – М.: Агропромиздат, 1989. – 221 с.
- Семенова, И.Г. О влиянии гнилевых болезней и других факторов на состояние ельников Погонно-Лосиног острова / И.Г. Семенова, А.В. Абатуров // Защита леса. – Вып. 5. – Л.: ЛТА, 1980. – С. 72–76.
- Стоноженко, Л.В. Обоснование возрастов спелости еловых древостоев Московской области на основе анализа их структуры и строения: дисс. ... канд. с.-х. наук / Л.В. Стоноженко. – М., 2011. – 144 с.
- Сукачев, В.Н. Избранные труды. Основы лесной типологии и биогеоценологии. – Т. 1. / В.Н. Сукачев. – Л.: Наука, 1972. – 418 с.
- Третьяков, Н.В. Закон единства в строении насаждений / Н.В. Третьяков. – М.-Л.: Новая деревня, 1927. – 114 с.

CERTAIN REGULARITIES IN THE STRUCTURE OF SPRUCE FORESTS IN NORTHEASTERN MOSCOW AREA

Kiseleva V.V., Deputy Director for Science, National Park «Losinyy ostrov» Ph.D (Biol.)⁽¹⁾; **Korotkov S.V.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D (Biol.)⁽²⁾; **Karminov V.N.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D (Agriculture)⁽²⁾; **Stonozhenko L.V.**, Assoc. Prof. MSFU, Ph.D (Agriculture)⁽²⁾

vvkisel@mail.ru, skorotkov@mgul.ac.ru, karminov@mgul.ac.ru, stonozhenko@mgul.ac.ru

⁽¹⁾ 107113 Poperechnyi prospek 1 «G» Moscow, Russia, National Park «Losinyy ostrov»; Tel. 8 (499) 269-10-60

⁽²⁾ Moscow State Forest University (MFSU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytishchi, Moscow reg., Russia Tel. 8 (498) 687-39-05, 8 (498) 687-35-67, 8(498) 687-39-21

The approaches to the evaluation of structure and stability of spruce forests of the northeastern Moscow Area (National Park Losinyy Ostrov and Shchelkovo Experimental Forest Enterprise) have been examined. Spruce forests of the region are dynamically unstable. The research works were carried out on permanent observation plots belonging to green-moss and composite groups of forest types. Age and radial increment were studied with the help of cores of model trees. The degree of similarity of forest stands was determined using dendrogram construction. The regularities in the structure of spruce forests were revealed considering age structure and species composition. Using tree distribution by thickness grades 4 groups of population specters have been singled out for *Picea abies*: invasional, multimodal extended, multimodal with a left peak, and quasi-normal. The stands with primitive and complex structure are identified properly by the index of rank structure ΔD_{rel} . As it is demonstrated, optimal diameter variability is formed when spruce constitutes from 3 to 7 units in stand composition, while in monodominant spruce forests the potential of differentiation decreases. By age structure spruce communities were divided into developing, conditionally multi-age, multi-age, and regressive ones. Diameter structure often differs from the age structure. In spruce coenopopulation, some samles with retarding growth can prove to be more viable than the trees with optimal growth. Stand diameter and age structure is to a great extent determined by density and species composition and is mostly leveled in dense monodominant forests. At this stage, only extreme variants of stands can be distinguished reliably by the method of cluster analysis.

Keywords: spruce, rank structure, structure of stands, northeastern Moscow regions, cluster analysis.

References

1. Abaturov A.V., Melankholin, P.N. *Estestvennaya dinamika lesa na postoyannykh probnykh ploshchadyakh v Podmoskov'e* [Natural dynamics of the forest on the permanent sample plots in the Moscow region]. Tula, Grif i K., 2005. 336 p.
2. Vysotskiy K. K. *Zakonomernosti stroeniya smeshannykh drevostoev* [Laws of the structure of mixed stands]. Moscow, 1962. 178 p.
3. Drobyshchev Yu. I., Korotkov, S. A., Rummyantsev, D. E. *Ustoychivost' drevostoev: strukturnye aspekty* [Sustainability of stands: structural aspects]. Lesohoz. inform., 2003 № 7. pp. 2–11.
4. Ipatov V.S. *Differentsiatsiya drevostoya* [Differentiation of stand]. Bull. LGU. Vol. Biol. 1970. pp. 66–77.
5. *Istoriya i sostoyaniye lesov natsional'nogo parka «Losinyy ostrov»* [History and forests of the national park «Losinyy ostrov»]. Moscow. Prima-press-M, 2000. 104 p.
6. Kiseleva V.V., Korotkov, S.A., Stonozhenko, L.V., Yudakova, A.S., Istomin, N.A. *K istorii formirovaniya el'nikov «Losinogo ostrova» i otsenke ikh ustoychivosti* [On the history of the formation of spruce forests «Losinyy ostrov» and assess their stability] Nauchnye trudy natsional'nogo parka «Losinyy ostrov» [Proceedings of the National Park «Losinyy ostrov»]. Moscow. 2010. pp. 61–74.
7. Kiseleva, V.V., Korotkov, S.A., Stonozhenko, L.V., Istomin, N.A. *K vozrastnoy strukture el'nikov Losinogo Ostrova* [By the age structure of spruce forests Losinyy ostrov]. Nauchnye trudy natsional'nogo parka «Losinyy ostrov» [Proceedings of the National Park «Losinyy ostrov»]. Moscow: 2014. p. 33–39.
8. Konovalov N.A. *Tipy lesa podmoskovnykh opytnykh lesnichestv Ts.L.O.S.* [Forest types Moscow region experienced forestry TS.L.O.S.]. Moscow -L.: 1929. 159 p.
9. Korotkov, S.A. *Osobennosti formirovaniya el'nikov v usloviyakh antropogennogo stressa (na primere lesov Klinско-Dmitrovskoy gryady)* [Peculiarities of spruce forests in the conditions of anthropogenic stress (for example, forests Klin-Dmitrov Ridge): Diss. Cand. Biological Sciences]. Moscow, 1998. 24 p.
10. Korotkov S.A., Kiseleva, V.V., Stonozhenko, L.V., Istomin, N.A., Yudakova, A.S., Pirogova, O.A. *Struktura, ustoychivost' i tendentsii estestvennogo vozobnovleniya el'nikov v natsional'nom parke «Losinyy ostrov»* [Structure, stability, and trends of natural regeneration of spruce forests in the national park «Losinyy ostrov»]. Lesa Evrazii – Bryanskiy les. Mat. KhI Mezhd. konf. [Forests of Eurasia – Bryansk Forest. Mat. XI Int. Conf.]. Moscow: MGUL, 2011. pp. 61–63.
11. Kuleshov A.P. *Estestvennoye vozobnovleniye eli v NP «Losinyy ostrov»* [Natural regeneration of spruce in NP «Losinyy ostrov»]. Sostoyaniye prirodnikh kompleksov na osobo okhranyaemykh prirodnikh territoriyakh. Mater. nauch.-prakt. konf., posvyashchennoy 25-letiyu natsional'nogo parka «Losinyy ostrov» [The state of natural complexes in protected natural areas. Mater. scientific and practical. Conf., dedicated to the 25th anniversary of the national park «Losinyy ostrov»]. Pushkino, 2008. pp. 104–107.
12. Lesa Vostochnogo Podmoskov'ya [Forests of the Eastern Moscow region]. Moscow Science, 1979. – 184 p.
13. Rabotnov, T.A. *Fitotsenologiya* [Phytocenology]. Moscow 1978. 384 p.
14. Rechan S.P., Malysheva T.V., Abaturov A.V., Melankholin P.N. *Lesa Severnogo Podmoskov'ya* [Forests of Northern Moscow region]. Moscow: Science, 1993. 316 p.
15. Rozhkov, V.A. *Pochvennaya informatika* [Soil Informatics]. Moscow Agropromizdat, 1989. 221 p.
16. Semenkova, I. G., Abaturov A. V. *O vliyaniy gnilevykh bolezney i drugikh faktorov na sostoyaniye el'nikov Pogonno-Losinogo ostrova* [On the influence diseases and other factors on the state of spruce forests chase Losinyy ostrov]. Forest protection L. 1980. pp. 72–76.
17. Stonozhenko L.V. *Obosnovaniye vozrastov spelosti elovykh drevostoev Moskovskoy oblasti na osnove analiza ikh struktury i stroeniya: diss. kand. s.-kh. nauk* [Justification of the age of maturity spruce stands of the Moscow region on the basis of their structure and composition: diss. agricultural Science]. Moscow, 2011. 144 p.
18. Sukachev V. N. *Izbrannye trudy... Osnovy lesnoy tipologii i biogeotsenologii* [Selected Works ... The Basics of forest typology and biogeocenology]– L.: Science, 1972. – 418 p.
19. Tret'yakov, N. V. *Zakon edinstva v stroenii nasazhdeniy* [The law of unity in the structure of stands] Moscow-Leningrad: New Village, 1927. 114 p.