

УДК 630.181.41+630.182.5

Оценка конкурентных взаимоотношений сосны и ели в смешанных древостоях черничного типа леса, пройденных рубками ухода и комплексным уходом за лесом

Д.А. Данилов^{1, a}, Т.А. Ищук^{2, b}

¹Ленинградский НИИСХ «Белогорка» Россельхозакадемии, ул. Институтская 1, п. Белогорка, Гатчинский р-н, Ленинградская обл., Россия

²Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. Кирова, Институтский пер. 5, Санкт-Петербург, Россия

^astown200@mail.ru, ^brabbit0189@mail.ru

Статья поступила 7.11.2012, принята 29.01.2013

Совместный рост ели и сосны позволяет более полно использовать место произрастание. Снижение, с помощью уходов за лесом, конкурентных взаимоотношений позволяет увеличивать производительность сосново-еловых древостоев. Процесс упаковки ниши (называемый также дифференциацией экологических ниш) — один из основных процессов, ведущий к снижению конкуренции в растительном сообществе в ходе сукцессии, заключающийся в разделе ресурсов, пространства, специализации биотических факторов. На этом положении базируется предлагаемая методика позволяющая определить направленность взаимоотношений между сосной и елью в насаждении после рубок ухода и внесения удобрений. Для исследуемых объектов были составлены модели распределения по ступеням толщины деревьев сосны и ели, представленных на пробных площадях, и рассчитаны показатели меры плотной упаковки видов. В смешанных древостоях рубки ухода в большей мере снижают конкуренцию между сосной и елью. При совместных рубках ухода и внесении удобрений происходит обострение межвидовых взаимоотношений между хвойными породами за дополнительные ресурсы. Показатели меры плотности упаковки видов дают представление о том, что сосна меньше испытывает при этом конкурентное давление со стороны ели. Рубки ухода снижают межвидовые конкурентные отношения, а внесение удобрений обостряет их в смешанных сосново-еловых ценозах. Хвойные виды, объединенные в сообщество, используют все возможности для существования, предоставляемые средой, с минимализацией конкуренции между собой и максимальной биологической продуктивностью в условиях данного конкретного места обитания (биотопа), при этом пространство заполняется с наибольшей плотностью.

Ключевые слова: сосново-еловые древостои, конкуренция, экологическая ниша, рубки ухода, комплексный уход (рубка ухода + удобрение), мера плотной упаковки видов, распределение деревьев по ступеням толщины.

Competitive relationships in the pine-spruce stands undergone improvement thinning and complex forest care

D.A. Danilov^{1, a}, T.A. Ishchuk^{2, b}

¹Leningrad Research Institute of Agriculture «Belogorka», Russian Academy of Agricultural Sciences, 1, Institutskaya str., Belogorka, Gatchina district, Leningrad region, Russia

²St. Petersburg State Forestry Engineering University, 5, Institutsky lane, St. Petersburg, Russia

^astown200@mail.ru, ^brabbit0189@mail.ru

Received 17.11.2012, accepted 29.01.2013

Co-growth of spruce and pine makes a better use of the habitat. Care-aided reduction of competitive interactions allows increasing the productivity of pine and spruce stands. The niche packaging process (also called the ecological niches differentiation) is one of the main processes leading to the reduction of competition in the plant community in the course of succession, which consists in sharing resources, space and expertise biotic factors. This provision underlies the proposed method that allows determining the orientation of the relationships between pine and spruce in the plantation after improvement thinning and fertilization. The models of distribution according to pine and spruce diameter available in the sample plots have been constructed for the investigated objects, and the indicators to measure the species dense packing have been calculated. In the mixed stands, improvement thinning reduces to a greater extent the competition between pine and spruce. When improvement thinning and fertilization are performed simultaneously, the aggravation of interspecies relationships between conifers for additional resources takes place. The indicators of the species dense packing measure show that pine experiences less competitive pressure than spruce. Improvement thinning reduces the competitive relationships between species, and fertilization aggravates them in the mixed pine and spruce cenoses. Coniferous species combined into the community use all environmental possibilities for existence to minimize the competition with each other and maximize the biological productivity in this particular habitat (biotope), and besides, the space is filled with the greatest density.

Key words: pine and spruce stands, competition, ecological niche, improvement thinning, complex care (thinning+ mineral fertilizing), species dense packing measure, distribution of trees according to diameter.

Влияние уходов за лесом на конкурентные отношения в смешанном сосново-еловом древостое представляют несомненный интерес для лесосводственной практики. В смешанных насаждениях у всех пород формируются более полнодревесные стволы, чем в чистых. Этот фактор обуславливает, прежде всего, более высокий запас стволовой древесины в смешанных насаждениях, а теневыносливая ель, «уплотняя» их, обеспечивает лучшее использование среды обитания и значительно повышает продуктивность. Сочетание в одном фитоценозе растений с различными экологическими особенностями – теневыносливых и требовательных к свету, в различной степени приспособленных к недостатку влаги и другим факторам среды, позволяет фитоценозу наиболее полно использовать условия местообитания. Поэтому, важно знать в какой мере тот или иной вид ухода за лесом снижает или обостряет конкурентные отношения в смешанном древостое [4].

Целью исследования было выявить, какой режим и вид ухода за лесом снижает конкуренцию между сосной и елью в смешанных древостоях и позволяет, тем самым максимизировать производительность насаждения. Дать апробацию методики оценки межвидовых взаимодействий между сосной и елью в ценозе на основании принципа «плотной упаковки» экологических ниш (дифференциации экологических ниш) Р.Мак-Артура.

По мнению С.Н. Сеннова, вклад конкуренции или количественное выражение конкурентных отношений, легче всего учитывать с использованием того или иного индекса конкуренции [4]. В проведённых ранее исследованиях количественное выражение конкуренции сводилось к предложению формул с параметром, так или иначе характеризующим степень использования пространства в процессе роста особи (Mitscherlich, 1919; Kira et al., 1953; Кан-Ихи-Сакай, 1964; де Вит, 1964), а так же с учетом взаимодействия между кронами деревьев (Krajčisek et al., 1961). Были предложены метод «суммирования углов затенения» (Sprug, 1962; Кузьмичев и др., 1979), метод отношения площадей поперечного сечения (Steneker, Jarvis, 1963), модель «зон влияния» (Aaltonen, 1926; Rogers, 1935; Jackson, Ure, 1964; Newnham, 1966; Opie, 1968; Gerrard, 1969) и ее продвинутый вариант с учетом краевого эффекта (Bella, 1971) [3]. Индекс К. Макгилчерста (1965) рассчитывается, как показатель урожайности вида или среднего веса, произрастающего в чистом посеве и при совместном произрастании с другим видом и служит показателем конкурентного влияния одного вида на другой [2]. В качестве индекса конкуренции принимается также отношение среднего за последние 5 лет прирост стволы деревьев к расстоянию от учетной площадки до центрального дерева. Интегральный индекс конкуренции всех деревьев, расположенных на круговой площадке, характеризуется суммой названных отношений (Санникова, 1992; Санникова, Локосова, 2000). Метод оценки «экологической плотности», как отношения средней площади проекции кроны дерева к средней площади древостоя, приходящейся на одно дерево предложил В.М. Горячев (1986) [3]. Об интенсивности межвидовой конкуренции можно так же

судить по степени подавления скорости роста каждой популяции или же по изменению состояния особей, образующих данные популяции (например, по уменьшению их размеров).

Методика

По нашему мнению менее трудоёмкий метод определения межвидовой конкуренции у древесных пород может осуществляться на основании принципа Р.Мак-Артура. Он установил, что сообщество конкурирующих за жизненное пространство видов эволюционирует к состоянию с максимально плотной упаковкой видов, причем в процессе эволюции плотность упаковки, всегда возрастает, достигая в равновесном состоянии максимально возможного для данной среды значения [1]. В дальнейшем им же был обоснован принцип «плотной упаковки» экологических ниш (дифференциации экологических ниш): виды, объединенные в сообществе (экосистему), стремятся использовать все возможности для существования, представляемые средой и биотическим окружением, и максимизировать биопродуктивность в конкретном биотопе [2]. Процесс упаковки ниш (называемый также дифференциацией экологических ниш) — один из основных процессов, ведущий к снижению конкуренции в растительном сообществе в ходе сукцессии, заключающийся в разделе ресурсов, пространства, специализации биотических факторов.

Модель колоколовидного распределения вида вдоль градиентов среды дает возможность простейшего (идеализированного) представления основных характеристик экологической ниши.

Пусть $f(x)$ — функция потребления, по форме соответствующая кривой нормального распределения. Тогда она будет характеризоваться средним значением x (центр ниши) и конечной дисперсией σ^2 (величина σ оценивает ширину ниши — малые значения σ свидетельствуют об узкой специализации вида по ресурсу x). Если центры n видов равномерно расположены вдоль градиента x , то обозначим расстояние между соседними центрами видов через d . Тогда отношение d/σ рассматривается как мера плотной упаковки видов.

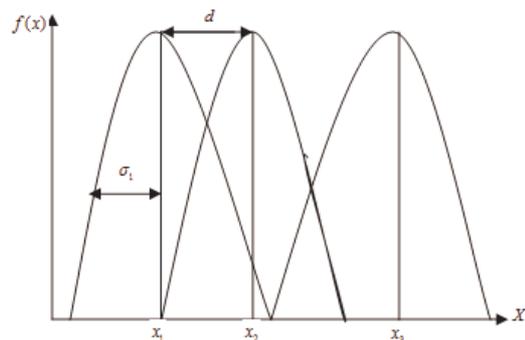


Рис. 1. Перекрытие экологических ниш, заданных кривыми нормального распределения вдоль одномерного спектра ресурса x

В качестве функции $f(x)$ мы используем количественные данные учёта диаметров на высоте 1,3 м основных древесных пород на пробных площадях по ступеням толщины древостоя, т.к. они отражают размер потребляемого ресурса. Выбор этого таксационного показателя для дальнейших расчётов связан с тем, что диа-

метр более отзывчив на изменения условий среды, чем высота ствола.

Для исследуемых объектов были составлены модели распределения деревьев по ступеням толщины, для древесных пород, представленных на пробных площадях (см. рис. 2-3). Необходимым условием для совместного существования видов является неравенство $d/\sigma > 1$; принцип плотной упаковки видов указывает на тот факт, что популяции в экосистеме стремятся к достижению ситуации, при которой $d/\sigma > 1$ для видов, стоящих рядом на градиенте данного ресурса, в нашем случае площадь питания древостоев. Обычно $d/\sigma < 1$

свидетельствует о наличии сильной конкуренции за данный ресурс, то $d/\sigma > 3$ позволяет считать, что между видами слабые взаимодействия. Р.Мак-Артур и Р. Левин [2] установили, что для успешного проникновения видов в зоны «ослабления конкуренции» должно выполняться условие $d/\sigma > 1,56$. Следует, однако, отметить, что эти оценки справедливы для идеализированного (модельного) сообщества. На основании выше сказанного были рассчитаны показатели меры плотной упаковки основных древесных пород представленных на опытных объектах.

Таблица 1

Показатели состава сосново-еловых древостоев черничного типа леса за период опыта

| ППП-18 | | | | |
|---|---------------------------|---|--|---|
| секция 18-1 без ухода (контрольный участок) | Состав древос- стоя | начало опыта (1987г.) – 5,4С4Е10,2Б0,4Ос | секция 18-2 (объект ком- плексного ухода) | начало опыта (1987г.) – 5,4Е4,3С0,1Б0,2Ос |
| | | в настоящее время (2009г.) – 5,2Е4,6С0,2Б0,2Ос | | в настоящее время (2009г.) – 5Е4,7С0,1Б0,2Ос |
| секция 18-3 (объект комплекс- ного ухода) | Состав древос- стоя | начало опыта (1987г.) – 4,9С4,7Е0,4Ос+ед. Б | | |
| | | в настоящее время (2009г.) – в настоящее время – 5С4,2Е7Е0,6Ос0,2Б. | | |
| После проходной рубки небольшой интенсивности (15%) на ППП-18 вносили суперфосфат с помощью МВУ-1 в дозе 100 кг/га по действующему веществу (д.в.), а спустя два года вручную разбрасывали аммиачную селитру в дозе 150 кг/га азота по д.в. | | | | |
| ППП-15 | | | | |
| секция 15-А (контрольный участок) | Состав древос- стоя | на начало опыта (1981г) – 5,5С4,4Е0,6 Б | секция 15-В (рубка ухода 10% выборки соснового яруса) | на начало опыта (1981г) – 5,7С4,3Е+Б |
| | | в настоящее время (2011) – 7Е3С+Б | | в настоящее время (2011г.) – 5Е3,5С1,5Б |
| секция 15-С (рубка ухода 30%:148м3/га (Е28м3;С105м3/га+ Б15м3) | Состав древос- стоя | на начало опыта (1981г) – 5С5Е+Б | | |
| | | в настоящее время (2011) – 7Е3С+Б | | |

Объектами исследования являются пробные площади заложенные сотрудниками лаборатории лесоводства ЛенНИИЛХа (ныне СПбНИИЛХ) 1981-87 под руководством профессора Сеннова С.Н. годах в Карташевском и Онцевском лесничествах Сиверского лесхоза Ленинградской области, в сосново-еловых древостоях черничного типа леса, достигших в настоящее время возраста сплошной рубки (85-100 лет).

Результаты и обсуждение

Анализ данных (см. рис. 2-3 и табл.2) позволяет отметить, что с возрастом происходит большая дифференциация по ступеням толщины пород, т.к. с увеличением темпа роста деревьев в хороших условиях и, как следствие, быстрым возрастанием их потребностей в

экологических ресурсах, конкуренция между видами становится всё более напряженной. Если рубки ухода снижают межвидовые конкурентные отношения в сосново-еловых древостоях, то внесение удобрений обостряет их.

На контрольной секции без ухода на ППП-18 произошло обострение конкуренции между елью и сосной в результате наблюдается сильный отпад ели в низших ступенях. В настоящее время ель испытывает большее конкурентное давление со стороны сосны, т.к. показатель меры плотности упаковки вида меньше 1. Для сосны конкуренция со стороны ели минимальна, т.к. значение показателя 1,5.

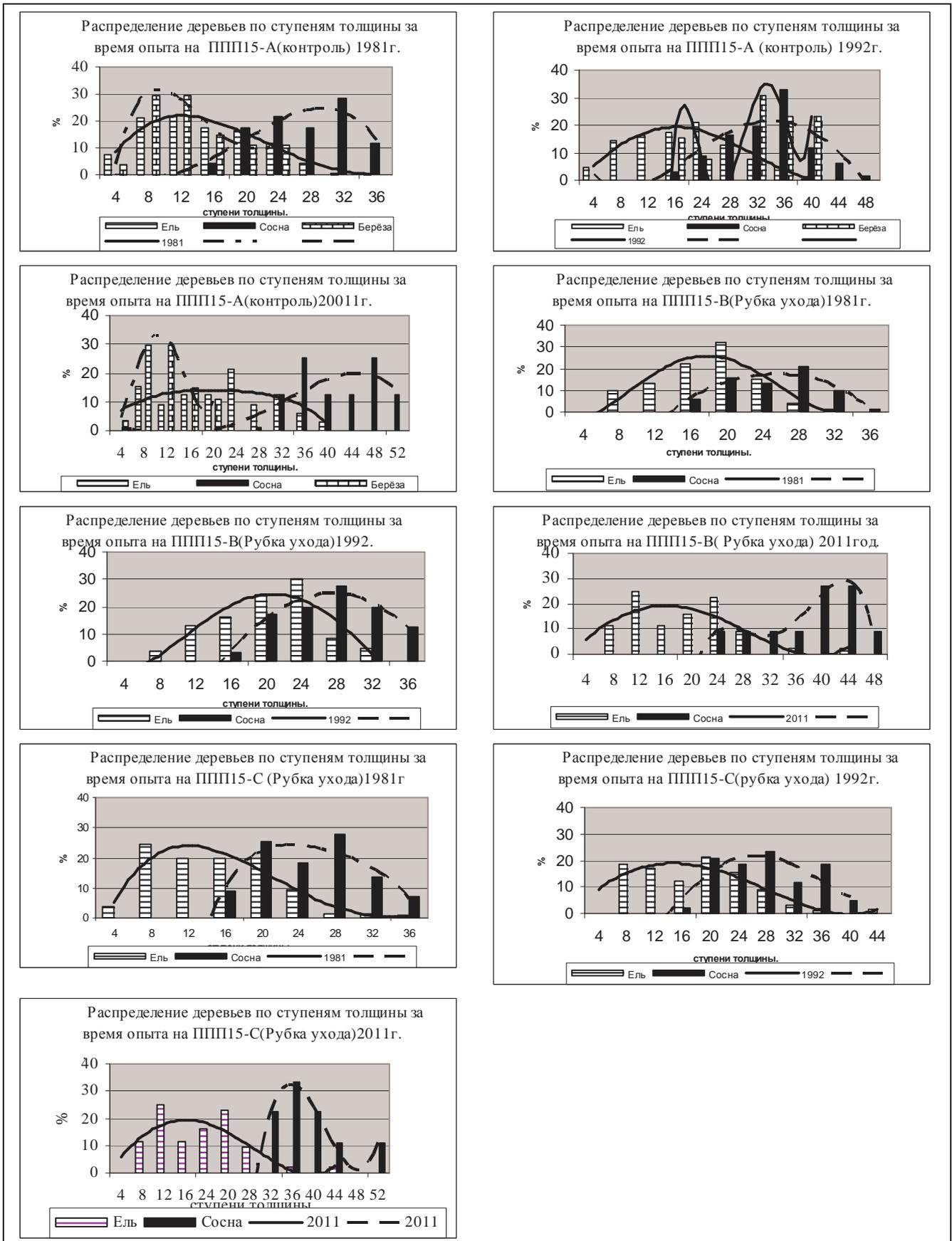


Рис 2. Динамика распределения деревьев по ступеням толщины за период опыта 1981-2011 гг. на ППП-15 в сосново-еловом черничном древостое

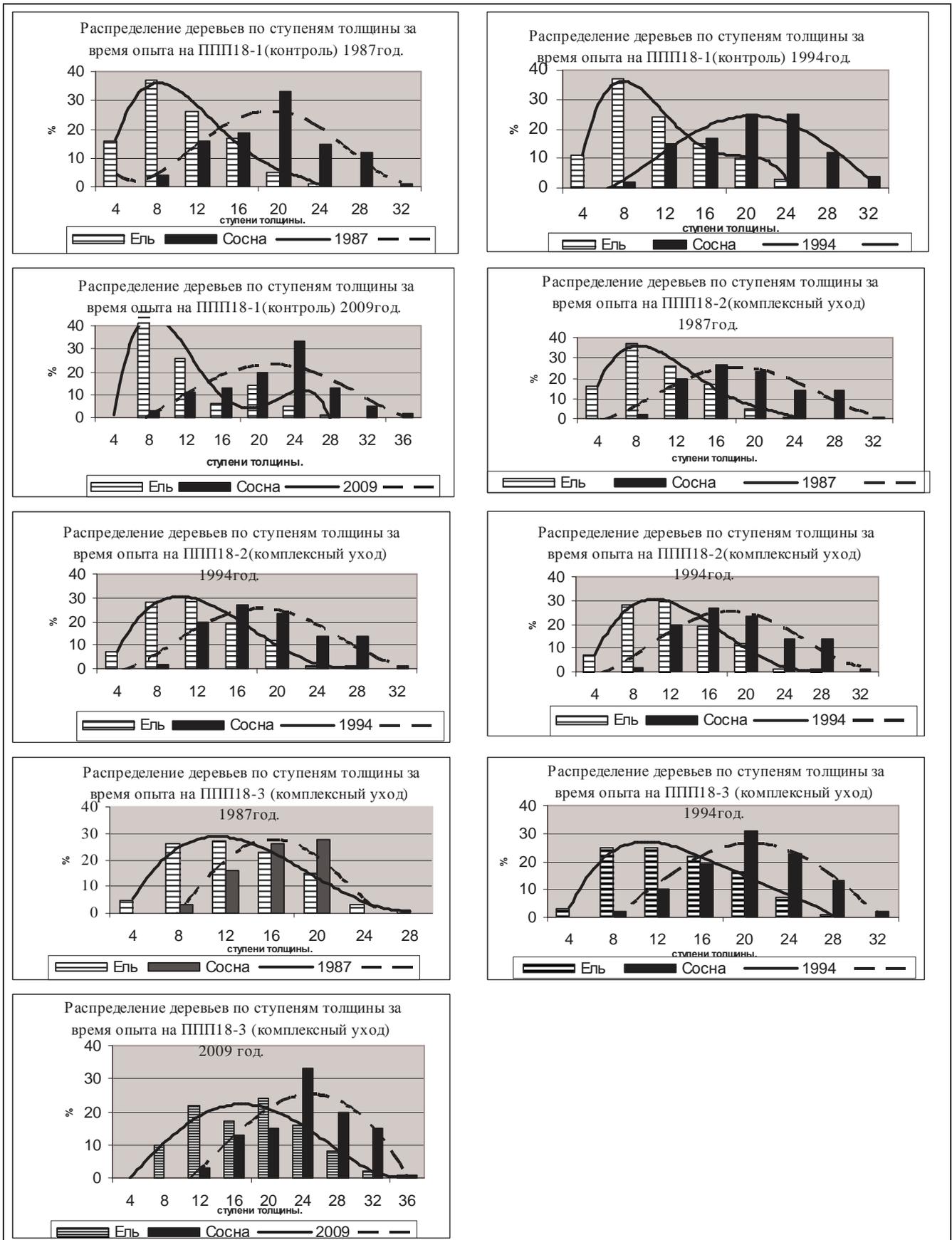


Рис. 3. Динамика распределения деревьев по ступеням толщины за период опыта 1987-2011 гг. на ППП-18 в сосново-еловом черничном древостое

Таблица 2

Динамика показателей меры плотности упаковки вида (d/σ) в сосново-еловых древостоях за период исследования

| Порода | 18-1 Контроль | | | 18-2 Комплексный уход (рубка + удобрение) | | | 18-3 Комплексный уход (рубка + удобрение) | | |
|--------|----------------|------|------|--|------|------|--|------|------|
| | 1987 | 1994 | 2009 | 1987 | 1994 | 2009 | 1987 | 1994 | 2009 |
| Сосна | 0,62 | 0,75 | 1,50 | 0,59 | 0,70 | 1,13 | 0,17 | 0,44 | 0,52 |
| Ель. | 0,17 | 0,19 | 0,26 | 0,16 | 0,19 | 0,32 | 0,18 | 0,24 | 0,40 |
| | 15-А Контроль. | | | 15-В Рубка ухода – выборка- 10% | | | 15-С Рубка ухода – выборка- 30% | | |
| | 1981 | 1992 | 2011 | 1981 | 1992 | 2011 | 1981 | 1992 | 2011 |
| Сосна | 1,72 | 1,45 | 10 | 1,12 | 1,1 | 16 | 1,5 | 2 | 10 |
| Ель. | 0,59 | 0,84 | 4 | 0,76 | 0,69 | 4 | 0,46 | 0,8 | 2,50 |
| Сосна | 1,72 | 0,58 | 6 | | | | | | |
| Берёза | 3,45 | 2 | 20 | | | | | | |
| Ель. | 0,59 | 0,5 | 5 | | | | | | |
| Берёза | 3,45 | 3 | 6,67 | | | | | | |

Представляет интерес то, что конкуренция в результате внесения удобрений ещё более обостряется, если сосна преобладает в составе древостоя (ПП18-3) мера плотности упаковки вида за период опыта меньше 1. В случае если ель доминирует (ПП18-2), происходит расхождения пород как на уровне вертикальной структуры, сосна остаётся в верхнем ярусе, так и по ступеням толщины сосна охватывает более высокие ступени, чем ель. Мера плотности вида у сосны выше 1, а у ели меньше. Конкуренция внутри вида у сосны, при увеличении в её составе после внесении удобрения, вероятно, более интенсивна, чем между особями разных видов, но, в этом случае происходит дифференциация по высоте. Ель испытывает, куда большее конкурентное давление со стороны сосны за дополнительные ресурсы, как в результате внесения удобрения, так и освоившуюся площадь питания в результате рубок ухода.

На секциях с рубками ухода эти породы перестают конкурировать только в более старших возрастах, так как, по-видимому, занимают различные яруса в вертикальной структуре и конкуренция за свет минимальна, в борьбе за почвенное питания корневые системы совместно произрастающих сосны и ели располагаются более равномерно по почвенному профилю, верхние горизонты занимает ель, нижние сосна, что способствует более эффективному использованию почвенного плодородия. Интенсивность выборки при рубках ухода не привела к большому различию меры упаковки видов в конечном итоге. Совместное произрастание на контроле ПП-15А с сосной и елью берёзы показало, что в результате самоизреживания произошла упаковка ниши, и породы оказывают минимальное конкурентное давление друг на друга.

Выводы

1) В смешанных древостоях рубки ухода в большей мере снижают конкуренцию между сосной и елью. При совместных рубках ухода и внесении удобрения происходит обострение межвидовых взаимоотношений между хвойными породами за дополнительные ресурсы. Показатели меры плотности упаковки видов пока-

зывают, что сосна меньше испытывает при этом конкурентное давление со стороны ели.

2) У сосны и ели имеет место перекрывание экологических ниш – сосна в конечном итоге первом ярусе, ель во втором древостоя. Конкуренция усиливается в отдельные периоды при ограничении ресурсов среды, но поскольку виды используют ресурсы индивидуально, избирательно и с разной интенсивностью, конкуренция в устойчивых фитоценозах ослабляется.

3) Использование меры плотности упаковки вида (принцип Р. Мак-Артура) для смешанных хвойных древостоев позволяет адекватно оценивать взаимную конкуренцию между породами после лесохозяйственных воздействий.

4) Принцип плотной упаковки видов Р. Мак-Артура показывает: хвойные породы, объединенные в сообщество, используют все возможности для существования, предоставляемые средой, с минимализацией конкуренции между собой и максимальной биологической продуктивностью в условиях данного конкретного места обитания (биотопа), при этом пространство заполняется с наибольшей плотностью.

Литература

1. Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975. 290 с.
2. Розенберг Г.С. Модели в фитоценологии. М.: Наука, 1984. 240 с.
3. Семышев М.М. Исследование продукционных показателей деревьев с учетом конкуренции в искусственных сосняках: автореф. дис. ...канд. с.-х. наук. Екатеринбург, 2011. 20 с.
4. Сеннов С.Н. Итоги экспериментального изучения конкуренции в древостоях // Изв. ЛТА. 1993. С.160-172.

References

1. Odum Yu. Ecology fundamentals. M.: Mir, 1975. 290 s.
2. Rosenberg G.S. Models in phytocenology. M.: Nauka, 1984. 240 s.
3. Semyshev M.M. Research into the trees productional indices taking into account the competition in artificial pineries: avtoref. dis. ...kand. s.-kh. nauk. Ekaterinburg, 2011. 20 s.
4. Sennov S.N. The results of the experimental study of the stands competition // Izv. LTA. 1993. S. 160-172.