

ЛЕСНОЕ ХОЗЯЙСТВО FORESTRY

УДК 630*165: 630*182: 630*181.65
DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.5

КОРРЕЛИРУЮТ ЛИ ДИАМЕТРЫ ДЕРЕВЬЕВ-СОСЕДЕЙ?

М. В. Рогозин

Пермский государственный аграрно-технологический университет
имени академика Д.Н. Прянишникова,
Российская Федерация, 614990, Пермь, ул. Петропавловская, 23
E-mail: rog-mikhail@yandex.ru

Приведены результаты корреляционного анализа диаметров соседствующих деревьев, материал для которого собран методом сплошного картирования на пробной площади размером 2,2 га, заложенной в 184-летнем сосняке первого класса бонитета полнотой 0,93. Установлено, что величина коэффициента корреляции между диаметрами соседствующих деревьев (большого и малого) изменяется обратно пропорционально расстоянию (l) между ними. Это указывает на явление партнёрства соседствующих деревьев. Вместе с тем изменение диаметров соседей может быть вызвано также и «фактором места», т. е. благоприятными или неблагоприятными местами с размером до 4,5 м, природа которых пока остаётся неизвестной.

Ключевые слова: сосна обыкновенная; древостой; горизонтальная структура; конкуренция; партнёрство.

Введение. К настоящему времени опубликовано огромное количество работ, в которых различные вопросы, связанные с изучением роста и развития древостоев, решаются на основе построения многофакторных математических моделей таксационных показателей. Рассматриваемый вопрос касается индивидуальных взаимоотношений между деревьями, который изучался в несколько этапов. На первом этапе в 1950–1980 гг. территориальное размещение деревьев изучалось как традиционными методами лесоведения и таксации [1–3], так и анализом так называемых биогеоактивных

зон [4]. Целью работ было определение оптимальной густоты насаждений в разном возрасте [5–9]. Анализ пространственной структуры одновозрастных древостоев показал, что в них существуют неоднородности в виде биогрупп, возникающих в молодости и сохраняющихся длительное время [1–4, 10–14]. Их исследование не было каким-то отдельным направлением, так как наряду с необходимым для такого рода исследований анализом площадей питания деревьев [11–13, 15, 16] решалось множество и других задач по моделированию динамики таксационных показателей [5, 17–20].

© Рогозин М. В., 2019.

Для цитирования: Рогозин М. В. Коррелируют ли диаметры деревьев-соседей? // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2019. № 2 (42). С. 5–16. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.5

На втором этапе появилась знаковая для конкурентных отношений между деревьями работа В.М. Горячева [21], в которой автор показал, что максимум прироста по диаметру в течение вегетации совпадал только у деревьев, растущих в отдалении друг от друга, тогда как в биогруппах пики прироста были разнесены во времени на 1–2 недели, т. е. деревья-соседи разделяли экологическую нишу по времени отбора элементов питания из неё. Усиливали выводы этой работы исследования А.М. Голикова по правым и левым формам деревьев, обладавших не только генетическими отличиями [22, 23], но и совершенно противоположной адаптацией: левые формы предпочитают сухие условия и плохо переносят конкуренцию, а правые любят влажные почвы и конкуренцию переносят лучше. При этом густота древостоя влияет сильнее, чем влажность почвы, и в период высокой его сомкнутости правые формы начинают преобладать над левыми по величине прироста даже на сухих почвах, поэтому регуляцию густоты следует начинать очень рано для сохранения в качестве деревьев-лидеров левых форм [24]. Эти работы существенно расширили концепцию древостоя в понимании В.Н. Сукачева [25], как сообщества растений, организованных борьбой за существование, где приоритет отдавался прямой конкуренции за ресурсы питания.

На современном этапе конкурентная концепция древостоя В.Н. Сукачева продолжает преобладать в лесоводстве и многие работы по изучению горизонтальной структуры древостоев опираются в основном на концепцию конкурентного взаимодействия, не рассматривая и не определяя силу влияния иных типов отношений между деревьями [26–30]. Появились, однако, работы и иного плана [31–35], где многомерный пространственный анализ древостоев в разных типах лесорастительных условий с подробным картированием деревьев показал, что их размеры зависят в большей степени не от внутривидовой конкуренции за жизненное пространство, а от экологической неоднородности биотопа и наличия в

них благоприятных и неблагоприятных зон [34]. Так, изучение микроценозов в 80–150-летних смешанных древостоях с высокой полнотой, состоящих из шести пород, показало [35], что деревья освоили большинство учётных площадок размером 5×5 м слабо, так как полнота и густота их оказалась низкой, а диаметр деревьев небольшим. Число же площадок с очень высокой полнотой составило всего 1,6–3,7%. Деревья на них оказались очень крупные, при этом также и число деревьев на них было выше среднего уровня. Данный феномен авторы предложили объяснять и доказывать в дальнейших исследованиях с трёх позиций:

- наличием в биотопе особо благоприятных зон для роста деревьев;
- наследственными свойствами особей;
- проявлением принципа Олли, т. е. эффектом группы.

Вполне естественно, что эти концепции нуждаются в специальной проверке, но, пожалуй, в первый раз эти три фактора были так чётко названы в числе основных для изучения. Каждый из них, в свою очередь, может распадаться ещё на целый ряд факторов, которые можно попытаться как-то измерить и далее рассчитать степень их влияния на рост деревьев. Основным визуальным параметром для лесовода при назначении деревьев в рубку является минимальное расстояние между ними, которое рекомендуется увеличивать для снижения конкуренции, что обуславливает актуальность изучения этого вопроса. Поэтому мы выбрали метод ближнего соседа в качестве основного при изучении пространственного взаимодействия между деревьями.

Цель работы состояла в определении степени влияния соседствующих деревьев в спелом древостое сосны на их размеры в зависимости от расстояния между ними.

Задача исследования заключалась в выяснении корреляций между диаметрами деревьев-соседей в зависимости от расстояния между ними, сопоставляя их в ранжированных парах, где на первое место ставили большее, а на второе – меньшее дерево. Предстояло ответить на вопрос, чем же,

собственно, заканчивается «борьба» за существование между деревьями, и можно ли измерить её конечный результат в предельно старом древостое. Так, если размер второго дерева в сравниваемой паре снижается при увеличении размера первого, то это будут конкурентные отношения с подавлением роста. Однако если второе дерево точно также увеличивает свои размеры при увеличении размеров первого, то это будут уже отношения партнёрства, но никак не конкуренция в обычном её понимании, когда один из партнёров начинает доминировать, а второй снижает свои размеры и погибает. Это упрощённое представление о конкуренции, но именно оно лежит в основе идеи борьбы за существование между индивидами, где побеждает сильнейший.

Объекты исследований. Исследования проведены на пробной площади размером 2,2 га, заложенной в перестойном насаждении сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) в лесах зелёной зоны г. Перми (кв. 61 Нижне-Курьинского участкового лесничества), которое является наилучшим по состоянию и полноте. Структура древостоя оказалась нарушена слабо, так как вывозку древесины от регулярных санитарных рубок проводили по просветам между деревьями. При учёте пробную площадь разделили на две секции – южную и северную. Их таксационная характеристика на осень 2017 года оказалась следующей.

Секция «Южная» – состав 10С ед. Е, средняя высота 32,1 м, средний диаметр 39,8 см, тип леса сосняк кислично-черничниковый с преобладанием 70 % черники и 30 % брусники в кустарничковом ярусе, класс бонитета 1, абсолютная полнота 42,8 м²/га, относительная полнота 0,91, запас 614 м³/га, текущая густота 339 шт./га. С плодовыми телами гриба сосновая губка *Phellinus pini* (Thore ex Fr.) Pil. обнаружено 15 деревьев (4,0 %). Если же учесть имеющиеся на участке 28 ветровальных деревьев, то запас древостоя мог бы увеличиться ещё на 7,4 % и составить 660 м³/га при полноте 0,98. Средний возраст древостоя, оценённый по данным из-

мерений кернов, взятых у 21 дерева разного размера, составил 184 года.

Древостой на секции «Северная» имеет тот же состав и возраст, но в напочвенном покрове уже явно преобладает черника (95 %), что свидетельствует о более влажных условиях произрастания. Густота древостоя здесь на 6 % ниже, но его полнота выше и достигает 0,95. Его запас составляет 655 м³/га, средняя высота деревьев – 33,5 м, а их средний диаметр – 42,1 см. С плодовыми телами гриба сосновая губка обнаружено 15,6 % деревьев. Если же учесть имеющиеся на секции 27 ветровальных деревьев, то запас древостоя мог бы увеличиться на ещё 6,5 % и составить 700 м³/га при полноте 1,01.

Средняя полнота древостоя на всей пробной площади составляет 0,93, общее число живых деревьев – 735 экз., а средняя густота – 334 экз./га. На обеих секциях единично встречается ель в возрасте 120 лет с диаметром от 20 до 45 см, образующая невыраженный второй ярус. Подрост ели представлен в основном поколением высотой 3–6 м в возрасте 35 лет, возникшим после низового пожара и двойного обильного урожая семян ели в 1981 и 1982 годах.

Методика исследований. На пробной площади проводили замер окружности ствола каждого дерева, рассчитывали их диаметр с погрешностью $\pm 0,1$ см, нумеровали и наносили на план. Деревья-соседи соединяли на нём линиями (рис. 1), измеряли расстояние между ними и получали соответствующие ряды чисел. Многие деревья выступали в качестве соседа два и даже 3–4 раза, в результате чего на пробной площади было оценено 479 расстояний между ближними особями. Ряды измерений при дальнейших расчётах были разбиты на пять классов по расстоянию между деревьями: 84–170, 171–270, 271–350, 351–450 и 451–790 см. Корреляции в парах соседствующих особей рассчитывали после ранжирования их диаметров: на первое место в паре ставили дерево с большим, а на второе – с меньшим диаметром. При обработке данных использовали стандартные статистические процедуры.

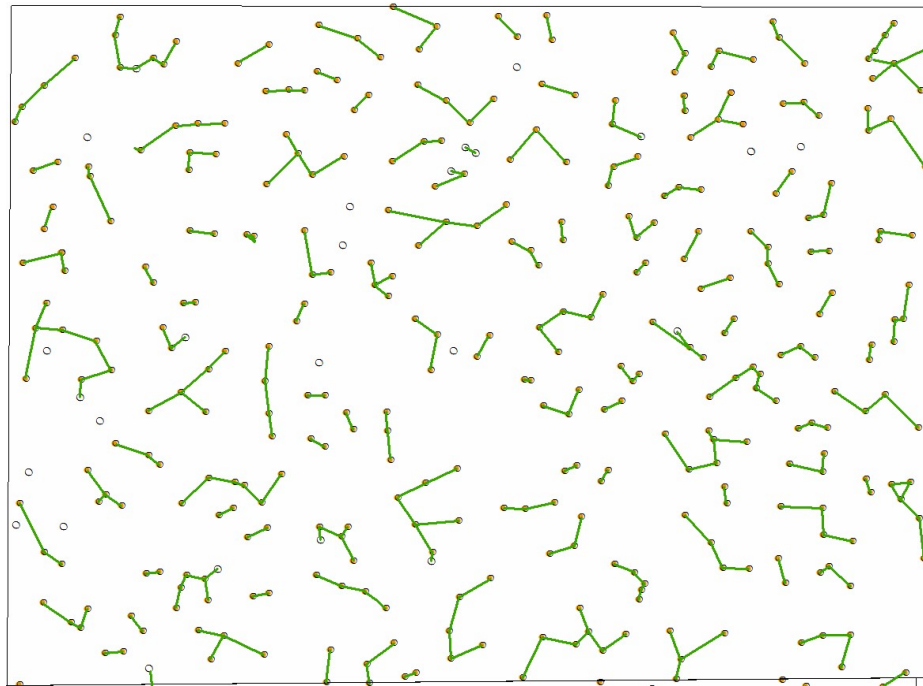


Рис. 1. Схема расположения соседствующих деревьев на секции «Северная»; пустые кружочки – деревья, вываленные ветром 14 лет назад

Результаты и их обсуждение. Обработка исходного материала показала, что распределение расстояния между соседними деревьями, которое изменялось на пробной площади от 74 до 797 см, соответствует по своему характеру нормальному, описываемому законом Гаусса для

случайных процессов (рис. 2). Среднее расстояние до ближнего соседа по всему массиву составило 332 ± 6 см при вариации 38,2 %, на северной секции соседи располагались на расстоянии 350 ± 9 см друг от друга, а на южной – 315 ± 8 см, что статистически не различимо.

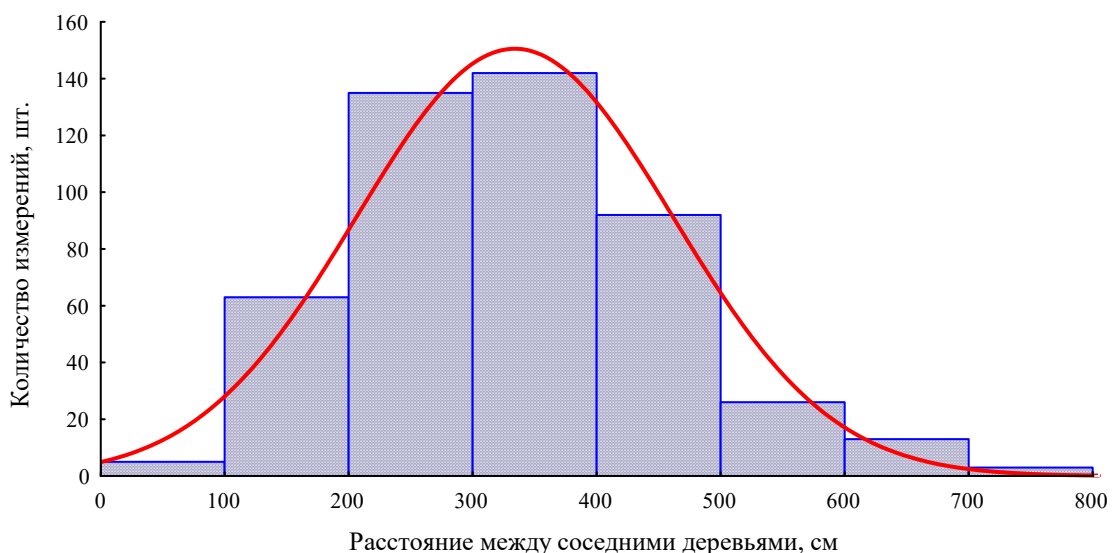


Рис. 2. Распределение расстояний между ближайшими деревьями в 184-летнем сосновом древостое

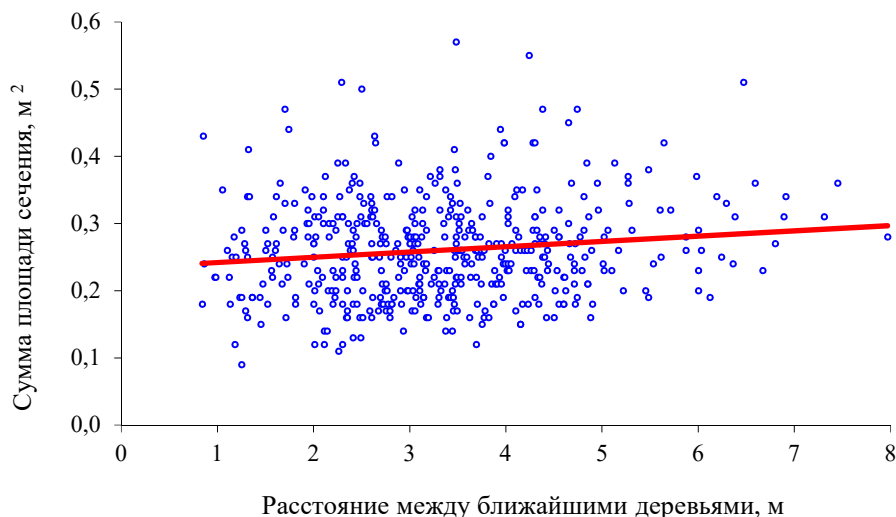


Рис. 3. Изменение суммы площади сечения ствола двух ближайших деревьев в зависимости от расстояния между ними

Как же влияет расстояние между соседними особями в дендроценозе на их размеры? Расчёты показали, прежде всего, что оно практически не влияет на сумму площадей сечения их стволов (рис. 3), определяя всего лишь 1,7 % дисперсии значений этого параметра и свидетельствуя о крайне слабом проявлении микроценологических эффектов в насаждении. Так, наибольшие значения сумм площадей сечений двух соседствующих деревьев, превышающие значение 0,50 м², встречаются как на самом коротком расстоянии между ними, так и на самом дальнем.

Далее рассмотрим изменение коэффициента корреляции между рядами диаметров в парах соседствующих особей. На северной секции в целом по выборке он составил 0,509, а на второй – 0,429, однако различия оказались недостоверными ($t_{\text{факт.}} = 1,12 < t_{0,90} = 1,66$). В объединённой выборке по всей пробной площади в диапазоне расстояний 84–450 см его значение удерживалось практически на одном уровне 0,51–0,54, чего нельзя сказать о выборках по секциям, где корреляции диаметров достоверно различались в градациях расстояний между соседями 84–170 и 271–350 см (рис. 4). Резкое и син-

хронное падение коэффициентов корреляции между диаметрами соседствующих особей свидетельствует о снижении их взаимовлияния, которое началось при расстоянии, превышающем 450 см. Это во многом согласуется с результатами работы В.Н. Шанина [36] о дальности распространения корней деревьев. Напомним, что участок «Южный» имеет несколько большую сухость почвы и густоту, которые могли, как можно предполагать, ослабить корреляцию между диаметрами деревьев-соседей. Уверенно же утверждать это мы пока не можем, однако факты – вещь упрямая, и их надо как-то объяснить (или давать варианты объяснения). Нет подобных сведений и в литературе, и наши данные, впервые затрагивающие вопрос о корреляции между соседствующими деревьями, являются пока единственными. Подобного анализа конкурентных отношений между деревьями в отечественной литературе мы не встретили, хотя имеются уникальные исследования этого вопроса, проведённые на Урале [26] и в Поволжье [31–35], а также целый ряд работ, так или иначе затрагивающих конкуренцию и влияние густоты микроценозов на рост деревьев в самых разных условиях [3–13].

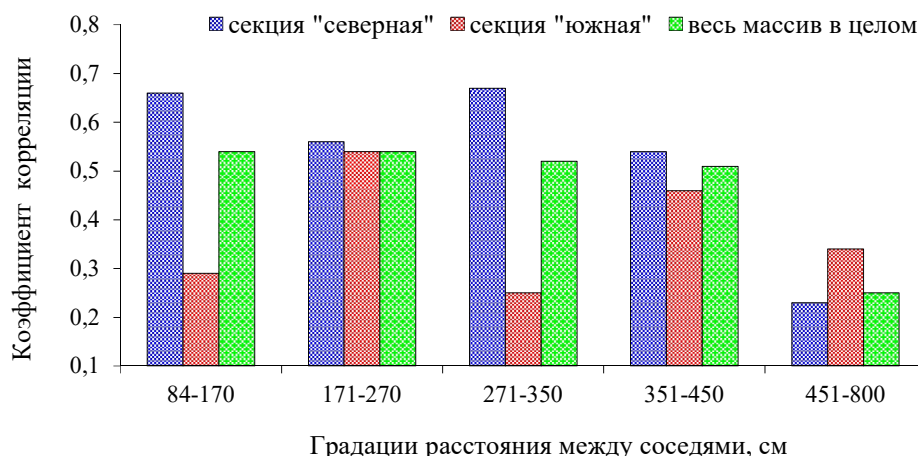


Рис. 4. Изменение значений коэффициента корреляции в рядах диаметров соседствующих деревьев

При изучении воздействия влияния деревьев друг на друга важна оценка не только степени сопряжённости их диаметров, отражаемая коэффициентом корреляции, но и «силы влияния» большего дерева на меньшее, описываемая коэффициентом регрессии. Выражение «сила влияния» взята в кавычки не случайно. Дело в том, что размеры обоих деревьев одновременно зависят, скорее всего, от другого пока неизвестного абиотического фактора, приводящего к согласованному увеличению или уменьшению их размеров. Корреляция отражает лишь тесноту линейной связи между параметрами, не характеризуя при этом «влияние» диаметра одного дерева на диаметр другого. Расчёты показали, что зависимость диаметра малого дерева (d , см) от большого (D , см) при разных градациях расстояния между ними, представленная на рис. 4, аппроксимируют следующие уравнения регрессии:

$$\text{при } L = 84-170 \text{ см } d = 0,399 \times D + 17,47; \\ R^2 = 0,289; p < 0,05;$$

$$\text{при } L = 171-270 \text{ см } d = 0,486 \times D + 13,92; \\ R^2 = 0,292; p < 0,01;$$

$$\text{при } L = 271-350 \text{ см } d = 0,567 \times D + 10,23; \\ R^2 = 0,268; p < 0,05;$$

$$\text{при } L = 351-450 \text{ см } d = 0,511 \times D + 12,89; \\ R^2 = 0,289; p < 0,05;$$

$$\text{при } L = 84-450 \text{ см } d = 0,498 \times D + 13,32; \\ R^2 = 0,273; p < 0,01;$$

$$\text{при } L = 451-800 \text{ см } d = 0,194 \times D + 27,48; \\ R^2 = 0,063; p < 0,10;$$

$$\text{при } L = 84-800 \text{ см } d = 0,442 \times D + 15,85; \\ R^2 = 0,232; p < 0,01.$$

Максимальная «сила влияния» одного дерева на другое отмечается, как следует из приведённых данных, при расстоянии между ними 84–450 см. Значения коэффициентов детерминации трендов линейных связей (R^2) в первых четырёх градациях расстояний между деревьями изменяются в довольно узких пределах и составляют в среднем 0,276. Достоверность этой связи между диаметрами не вызывает сомнений в её существовании, но причины её не вполне понятны. Мы, ориентируясь на напочвенный покров, не замечали вблизи пар соседствующих деревьев каких-либо явных признаков различий трофности или влажности почвы, а также наличия микроповышений и понижений, которые могли хотя бы частично объяснить такую взаимосвязь. Возможно, в тех местах, где диаметры деревьев сопряжены особенно сильно, причина будет в литологии и других локальных геологических особенностях территории, скрытых под песчаными наносами террасы р. Камы, мощность которых достигает в нашем случае 10–15 м. Далее расстояния в 450 см теснота связи между размерами деревьев резко ослабевает, но полностью не исчезает.

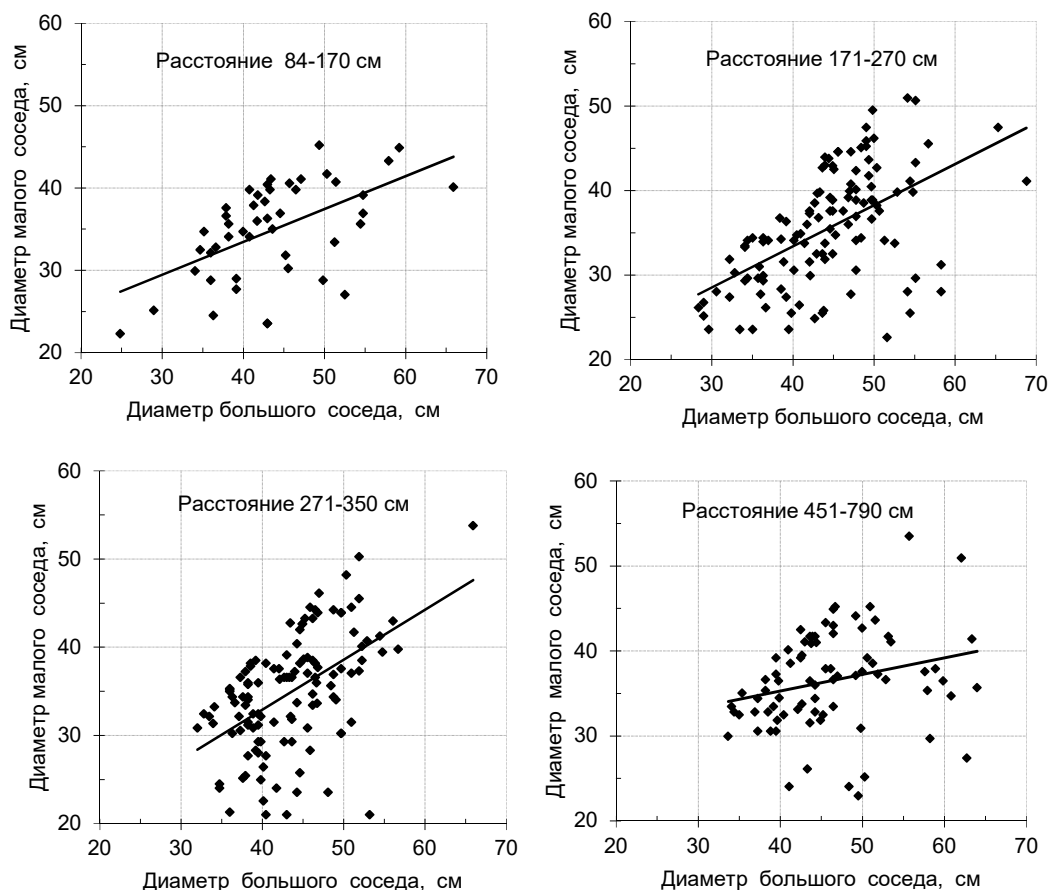


Рис. 5. Связь между диаметрами соседствующих деревьев при разном расстоянии между ними

В работе Ю.П. Демакова с соавторами [35] были обозначены три основных причины появления неоднородностей в структуре ценоза, о которых мы говорили выше и одна из них (биогеоактивные зоны) впервые была предложена ещё в 1973 году И. С. Марченко [4]. Исследования в этом направлении, продолжавшиеся более 20 лет, позволили последнему автору выдвинуть восемь (!) новых направлений исследований по изучению взаимоотношений между деревьями в лесных экосистемах [38]. Все они оказались весьма необычны и настолько выбивались методически из принятых в лесоведении норм, что до сих пор никто ещё не отважился ими воспользоваться. Вполне возможно, что «просвечивание» глубинных слоёв почвы с помощью современных компактных георадаров позволит найти этот фактор в литологии и приблизить нас к раз-

гадке причин столь разной продуктивности микроценозов в кажущихся однородными условиях. Возможно, в этом помогут и новейшие способы радиотомографии [39], а также исследования геодинамических активных зон, влияющих на продуктивность и наследуемость быстроты роста у ели и сосны [40, 41].

Заключение. Обнаруженная корреляция диаметров деревьев-соседей весьма необычна и требует каких-то объяснений, причём не просто предположений о схожести или различии микроусловий, одновозрастности соседей, условий увлажнения, литологии мест, где растут пары деревьев и т. д., а подтверждений измерениями действия этих факторов. Пока можно лишь констатировать, что наряду с конкуренцией в древостоях сосны существует явление, которое можно назвать «партнёрством» соседствующих деревьев, ста-

тистически подтверждаемое уравнениями регрессии, объясняющими 27 % дисперсии взаимной обусловленности их диаметров. Согласованное снижение или повышение диаметров деревьев-соседей

может быть вызвано, вместе с тем, также «фактором места», т. е. наличием благоприятных или неблагоприятных зон в пределах территории биотопа, природа которых остаётся пока неизвестной.

Список литературы

1. Лесков Н. Д. Особенности таксационной характеристики и структуры био групп в типе леса бор-брусничник // Труды по лесному хозяйству Уральского лесотехнического института. Свердловск: УЛТИ, 1956. С. 56-60.
2. Нестеров В. Г. Вопросы современного лесоводства. М.: Госсельхозиздат, 1961. 384 с.
3. Инамов В. С., Тархова Т. Н. Количественный анализ ценологических эффектов в размещении деревьев по территории // Ботанический журнал. 1975. № 9. С. 1237-1250.
4. Марченко И. С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БТИ, 1973. 91 с.
5. Кайрюкитис Л. В., Юодвалькис А. И. Явление смены характера взаимоотношений между индивидами внутри вида // Лесоведение и лесное хозяйство. Минск: Вышэйша школа, 1976. Вып. II. С. 16-24.
6. Поляков А. К. Определение оптимальной густоты сосны в свежей субори // Лесное хозяйство. 1973. № 12. С. 14-18.
7. Чудный А. В. О размещении деревьев в популяциях сосны обыкновенной // Лесоведение. 1976. № 5. С. 63-68.
8. Тябера А. П. Площадь роста дерева и её определение аналитическим способом // Известия вузов. Лесной журнал. 1978. № 2. С. 12-16.
9. Тябера А. П. Вопросы территориального размещения деревьев в сосновых древостоях // Известия вузов. Лесной журнал. 1980. № 5. С. 5-8.
10. Проскураков М. А. Био группы деревьев как управляющие центры в лесу // Биоэкологические исследования в еловых лесах Тянь-Шаня. Фрунзе: Илим, 1981. С. 42-54.
11. Анализ пространственной структуры одновозрастных древостоев / А. И. Бузыкин, В. А. Охонин, О. П. Секретенко и др. // Структурно-функциональные взаимосвязи и продуктивность фитоценозов. Красноярск: Институт леса и древесины, 1983. С. 5-12.
12. Секретенко О. П. Метод анализа пространственной структуры древостоев // Исследование структуры лесонасаждений. Красноярск: ИЛД, 1984. С. 88-101.
13. Маслаков Е. Л. Генезис и динамика социальных структур сосны в фазе индивидуального роста // Таёжные леса на пороге XXI века. СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. С. 42-51.
14. Сеннов С. Н. Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса. СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. 98 с.
15. Assmann E. Waldertragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen. BL W Verlagsgesellschaft. Muenchen- Bonn- Wien, 1961. 490 s.
16. Pollanschuetz J. Durchforstung von Stangen- und Baumhoelzern // Forstarchiv. 1971. No 42. Pp. 257-259.
17. Antanaitis V. Mathematische Modelle fuer die Berechnung des laufenden Zuwachses // Beitrage f. Forstwirtschaft. 1971. P. 199-204.
18. Schafer H., Bossel H., Krieger H. Aktuelle Trends bei der Modellierung von Baumwachstum und Bestandentwicklung // Forstarchiv. 1992. № 63. Pp. 59-66.
19. Nagel J. Ein Einzelbaumwachstumsmodell fuer Roteichenbestaende // Forst und Holz. 1994. 49(3). Pp. 69-75.
20. Kahn M., Pretzsch H. Das Wuchsmodell SILVA - Parametrisierung der Version 2.1 fuer Rein- und Mischbestaende aus Fichte und Buche // Allgemeine Forst, u. Jagdzeitung.-Ztg., 1997. Pp. 115-123.
21. Горячев В. М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаёжных лесах Урала // Экология. 1999. № 1. С. 9-19.
22. Golikov A.M. Adaptive disparity of dissymmetrical forms of Pinus ilvestris L. and Picea abies L. Karst. in the north-west of Russian SFSR. // Symmetry of structure. Interdisciplinary symmetry symposia, 1. Budapest: The Hungarian Academy of Sciences, 1989. P. 168-171.
23. Голиков А. М. Диссимметрическая и генетическая дифференциация плюсовых деревьев сосны обыкновенной в разных типах леса // Лесоведение. 2011. № 3. С. 63-72.
24. Голиков А. М. Эколого-диссимметрический подход в генетике и селекции видов хвойных. LAMBERT Academic Publishing, 2014. 162 с.
25. Сукачев В. Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // Сообщения института леса. М.: АН СССР, 1953. Вып. 1. С. 5-44.
26. Нагимов З. Я. Оценка методов определения площадей роста деревьев // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, УГЛТА, 1999. Вып. 19. С. 82-98.

27. *Вайс А.А.* Оценка распределения расстояний в биогруппах различных ценозов // Сибирский экологический журнал. 2008. Т. XV. № 2. С. 243-248.
28. *Борисов А. Н., Иванов В. В., Екимов Е. В.* Метод оценки пространственного распределения ресурса в экологической нише // Сибирский лесной журнал. 2014. № 5. С. 113-121.
29. *Грбарник П. Я., Секретенко О. П.* Анализ горизонтальной структуры древостоев методами случайных точечных полей // Сибирский лесной журнал. 2015. № 3. С. 32-44
30. *Вороной Г.Ф.* Исследования о примитивных параллелоэдрах // Собр. соч., т. 2. Киев: Изд-во АН УССР, 1952. С. 239-368.
31. *Демаков Ю. П., Сафин М. Г.* Особенности проявления микроценологических эффектов в молодняках на олиготрофных болотах Республики Марий Эл // Современные проблемы теории и практики лесного хозяйства. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2008. С. 197-200.
32. *Демаков Ю. П., Медведкова Е. А.* Особенности проявления микроценологических эффектов в сложных смешанных древостоях // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Йошкар-Ола: МарГТУ, 2009. Вып. 4. С. 124-131.
33. *Демаков Ю. П., Исаев А. В.* Закономерности роста деревьев сосны в пойме рек Большой и Малой Кокшаги. Там же. С. 68-123.
34. *Демаков Ю. П., Сафин М. Г., Нехаев И. Н.* Пространственное распределение и взаимовлияние деревьев в чистых сосновых древостоях [Электронный ресурс] // Лесные экосистемы в условиях изменения климата: биологическая продуктивность и дистанционный мониторинг: материалы междунаро. научно-практич. семинара. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. С. 93-102. URL:<http://csfm.marstu.net/publications.html>.
35. *Демаков Ю. П., Исаев А. В., Нехаев И. Н.* Характер освоения деревьями жизненного пространства в пойменных биогеоценозах // Научные труды государственного природного заповедника «Большая Кокшага». Йошкар-Ола: МарГТУ, 2013. Вып. 6. С. 163-184.
36. *Шанин В. Н.* Моделирование горизонтального распространения корней деревьев в различных условиях местообитания // Лесоведение. 2015. № 2. С. 130-139.
37. *Марченко И. С.* Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА, Придесенье, 1995. 186 с.
38. *Рогозин М. В.* Площадь питания дерева: анализ методов // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4, № 7. С. 34-37. <http://www.bulleten-nauki.com>.
39. *Доржиев Б. Ч., Очиров О. Н., Содномов Б. В.* Возможности радиотомографии для решения задач определения горизонтальной структуры древостоя // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. 2016. № 2 (30). С. 36-44.
40. *Рогозин М. В., Разин Г. С.* Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы [Электронный ресурс]: монография / под ред. М.В. Рогозина. Пермь: ПГНИУ, 2015. 277 с. (11 Мб). URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24420793>.
41. *Рогозин М. В.* Лесные экосистемы и геобиологические сети [Электронный ресурс]. Пермь: ПГНИУ, 2016. 171 с. (7,2 Мб). <http://elibrary.ru/item.asp?id=26090628>

Статья поступила в редакцию 19.03.19.

Принята к публикации 22.05.19.

Информация об авторе

РОГОЗИН Михаил Владимирович – доктор биологических наук, профессор кафедры лесоводства и ландшафтной архитектуры, Пермский государственный аграрно-технологический университет. Область научных интересов – лесоведение, лесоводство, лесная селекция, биогеоценология, экология. Автор 190 публикаций, в том числе семи монографий и учебных пособий.

UDC 630*165: 630*182: 630*181.65
DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.5

DO THE DIAMETERS OF THE NEIGHBOURING TREES CORRELATE?

M. V. Rogozin

Perm State Agro-Technological University,
23, Petropavlovskaya str., Perm, 614990, Russian Federation
E-mail: rog-mikhail@yandex.ru

Keywords: Scots pine; forest stand; horizontal structure; competition; partnership.

ABSTRACT

Introduction. Assigning trees to felling is based on the spatial arrangement of trees. The main visual parameter for a forester is the minimum distance to the nearest species, which is recommended to be increased in order to reduce competition, it preconditions the relevance of studying this issue. In the study of spatial interaction between trees in the cenosis we use a method of the "neighbor". **The goal of the study** is to evaluate the impact of neighboring trees in pine plantations on the size of each other depending on the distance between them. **Material and methods.** We made continuous mapping of trees on the area of 2.2 hectares in the 184-year-old plantation of pine trees of the first class quality, 0.93 completeness, and created a map using the ArcGIS application. Correlations in the pairs of neighboring trees were calculated after ranking their diameters, i.e. a tree with a large diameter was placed on the first place, and a tree with a small diameter - on the second place. Totally, 479 distances between neighboring trees were accounted, which varied from 84 to 796 cm, averaging 332 ± 6 cm. The data were processed using standard statistical procedures. **Results and discussion.** The study has shown that the distance between neighboring individuals in dendrites makes virtually no effect on the sum of the squares of the cross sections of their trunks, defining only 1.7 % of the variance for this parameter. The overall increase in the diameter of the neighboring trees emerges only when the distance between them is more than 5 m. At the same time, the size of both trees depends, most likely, on another as yet unknown abiotic factor leading to a consistent increase or decrease in their size. The dependence of the diameter of a small tree on a large one at a distance between them from 84 to 450 cm approximates the regression equation, which explains only 29 % of the variance of the indicator. When the distance between the trees is more than 450 cm, their diameters are almost not related to each other. **Conclusion.** In the 184-year-old pine stand microcenotic effects are very weak. Here, along with competition, we observe a phenomenon that can be called "partnership" of neighboring trees, which is confirmed by a statistically significant correlation of their diameters. The agreed decrease or increase in the diameter of neighboring trees may well be caused by a "place factor", i.e. the presence of favorable or unfavorable places of small size up to 4.5 m in diameter on the territory of the biotope, the nature of which remains unknown.

REFERENCES

1. Leskov N. D. Osobennosti taksatsionnoy kharakteristiki i struktury biogrupp v tipe lesa borbrusnichnik [Features of the taxation characteristics and structure of biogroups in the type of forest boron-cowberry]. *Trudy po lesnomu khozyaystvu Uralskogo lesotekhnicheskogo institute* [Proceedings on forestry of the Ural forestry Institute]. Sverdlovsk, 1956. Pp. 56-60. (In Russ.).
2. Nesterov V. G. *Voprosy sovremennogo lesovodstva* [Issues concerning modern forestry]. Moscow: Gossel'khozizdat, 1961. 384 p. (In Russ.).
3. Ipatov V. S., Tarkhova T. N. Kolichestvennyy analiz tsenoticheskikh effektov v razmeshchenii derev'ev po territorii [Quantitative analysis of cenotic effects in arranging trees on the territory]. *Botanicheskii zhurnal* [Botanical journal]. 1975. No 9. Pp. 1237-1250. (In Russ.).
4. Marchenko I. S. *Biopole lesnykh ekosistem* [Biofield of forest ecosystems]. Bryansk: BTI, 1973. 91 p. (In Russ.).
5. Kayryukshtis L. V., Yuodval'kis A. I. Yavlenie smeny kharaktera vzaimootnosheniy mezhdu individami vnutri vida [the phenomenon of the changing nature of the relationship between individuals within a species]. *Lesovedenie i lesnoe khozyaystvo* [Silviculture and forestry]. Minsk, 1976. Iss. II. Pp. 16-24. (In Russ.).
6. Polyakov A. K. Opredelenie optimal'noy gusnoty sosny v svezhey subori [Determination of optimal pine density in fresh subor]. *Lesnoe kho-*

- zyaystvo [Silviculture]. 1973. No 12. Pp. 14-18. (In Russ.).
7. Chudnyy A. V. O razmeshchenii derev'ev v populyatsiyakh sosny obyknovnoy [On the placement of trees in populations of Scots pine]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 1976. No 5. Pp. 63-68. (In Russ.).
8. Tyabera A. P. Ploshchad' rosta dereva i ee opredelenie analiticheskim sposobom [Area of tree growth and its determination by analytical method]. *IVUZ: Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. 1978. No 2. Pp. 12-16. (In Russ.).
9. Tyabera A. P. Voprosy territorialnogo razmeshcheniya derev'ev v sosnovykh drevostoyakh [Spatial distribution of trees in a pine forest]. *IVUZ: Lesnoy zhurnal* [Forest Journal]. 1980. No 5. Pp. 5-8. (In Russ.).
10. Proskuryakov M. A. Biogruppy derev'ev kak upravlyayushchie tsentry v lesu [Tree biogroups as control centers in the forest]. *Bioekologicheskie issledovaniya v elovykh lesakh Tyan-Shanya* [Bioecological studies in spruce forests of Tien Shan]. Frunze: Ilim, 1981. Pp.42-54. (In Russ.).
11. Buzykin A. I., Okhonin V. A., Sekretenko O. P. et al. Analiz prostranstvennoy struktury odnovozrastnykh drevostoev [Analysis of the spatial structure of the same age stands]. *Strukturno-funktsional'nye vzaimosvyazi i produktivnost' fitotsenozov* [Structural and functional relationships and productivity of phytocenoses]. Krasnoyarsk, 1983. Pp. 5-12. (In Russ.).
12. Sekretenko O. P. Metod analiza prostranstvennoy struktury drevostoev [Method of analysis of the spatial structure of forest stands]. *Issledovanie struktury lesonasazhdeniy* [Research into forest structure]. Krasnoyarsk: ILiD, 1984. Pp. 88-101. (In Russ.).
13. Maslakov E. L. Genezis i dinamika sotsial'nykh struktur sosny v faze individual'nogo rosta [Genesis and dynamics of social structures of pine in the phase of individual growth]. *Taizhnye lesa na poroge XXI veka* [Taiga forests at the turn of the XXI century]. St. Petersburg: SPbNIIKKh, 1999. Pp. 42-51. (In Russ.).
14. Sennov S. N. *Itogi 60-letnikh nablyudeniy za estestvennoy dinamikoy lesa* [Results of 60-year observations of the natural dynamics of the forest]. St.Petersburg: SPbNIIKKh, 1999. 98 p. (In Russ.).
15. Assmann E. *Waldetragskunde. Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbestanden.* BL W Verlagsgesellschaft. Muenchen- Bonn- Wien, 1961. 490 p.
16. Pollanschuetz J. Durchforstung von Stangen- und Baumhoelzern. *Forstarchiv.* 1971. No 42. Pp. 257-259.
17. Antanaitis V. Mathematische Modelle fuer die Berechnung des laufenden Zuwachses. Beitrage f. Forst-wirtschaft, 1971. Pp. 199-204.
18. Schafer H., Bossel H., Krieger H. Aktuelle Trends bei der Modellierung von Baumwachstum und Bestan-desentwicklung. *Forstarchiv.* 1992. No 63. Pp. 59-66.
19. Nagel J. Ein Einzelbaumwachstumsmodell fuer Roteichenbestaende. *Forst und Holz,* 1994. Pp. 69-75.
20. Kahn M., Pretzsch H. Das Wachstumsmodell SILVA - Parametrisierung der Version 2.1 fuer Rein- und Mischbestaende aus Fichte und Buche. *Allg. Forst, u. J.-Ztg.,*1997. Pp. 115-123.
21. Goryachev V. M. Vliyanie prostranstvennogo razmeshcheniya derev'ev v soobshchestve na formirovanie go-dichnogo sloya drevesiny khvoynykh v yuzhnotaizhnykh lesakh Urala [The Influence of spatial distribution of trees in the community on the formation of the annual layer of coniferous wood in the South taiga forests of the Urals]. *Ekologiya* [Ecology]. 1999. No 1. Pp. 9-19. (In Russ.).
22. Golikov A.M. Adaptive disparity of dissymmetrical forms of *Pinus ilvestris* L. and *Picea abies* L. Karst. in the north-west of Russian SFSR. *Symmetry of structure. Interdisciplinary symmetry symposia, 1.* Budapest: The Hungarian Academy of Sciences, 1989. Pp. 168-171.
23. Golikov A. M. Dissimmetricheskaya i geneticheskaya differentsiatsiya plyusovykh derev'ev sosny obyknovnoy v raznykh tipakh lesa [Dissymmetric and genetic differentiation of plus trees of Scots pine in different types of forest]. *Lesovedenie* [Silviculture]. 2011. No 3. Pp. 63-72. (In Russ.).
24. Golikov A. M. *Ekologo-dissimmetricheskij podkhod v genetike i seleksii vidov khvoynykh* [Ecological and dissymmetric approach in genetics and breeding of conifers]. LAMBERT Academic Publishing, 2014. 162 p. (In Russ.).
25. Sukachev V. N. O vnutrividovykh i mezhvidovykh vzaimootnosheniyakh sredi rasteniy [On intraspecific and interspecific relationships among plants]. *Soobshcheniya instituta lesa* [Reports of the forest Institute]. Issue 1. Moscow: AN SSSR, 1953. Pp. 5-44. (In Russ.).
26. Nagimov Z. Ia. Otsenka metodov opredeleniya ploshchadey rosta derev'ev [Evaluation of methods for the determination of the squares of the growth of trees]. *Les Urala i khozyaystvo v nikh* [Forest and forestry of the Urals]. Ekaterinburg, UGLTA, 1999. Issue 19. Pp. 82-98. (In Russ.).
27. Vays A.A. Otsenka raspredeleniya rastoyaniy v biogruppakh razlichnykh tsenozov [Estimation of the distribution of distances in the biogroups of different cenoses]. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian ecological journal]. Vol. XV. 2008. No 2. Pp. 243-248. (In Russ.).
28. Borisov A. N., Ivanov V. V., Ekimov E. V. Metod otsenki prostranstvennogo raspredeleniya resursa v ekologicheskoy nische [Method of estimation of spatial distribution of resource in ecological niche]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal]. 2014. No 5. Pp. 113-121. (In Russ.).

29. Grabarnik P. Ia., Sekretenko O. P. Analiz gorizontalnoy struktury drevostoev metodami sluchaynykh tochechnykh poley [Analysis of the horizontal structure of stands by random point fields]. *Sibirskiy lesnoy zhurnal* [Siberian Forest Journal]. 2015. No 3. Pp. 32-44. (In Russ.).
30. Voronoy G. F. *Izbrannyye Trudy* [Selected works]. Kiev: AN USSR, 1952. Pp. 239-368. (In Russ.).
31. Demakov Iu. P., Safin M. G. Osobennosti proyavleniya mikrotsenoticheskikh effektov v molodnyakakh na oligotrofnnykh bolotakh respubliki Mariy El [Features of manifestation of microcenotic effects in young growth on oligotrophic bogs of the Republic of Mari El]. *Sovremennyye problemy teorii i praktiki lesnogo khozyaystva* [Modern problems of the theory and practice of forestry]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2008. Pp. 197-200. (In Russ.).
32. Demakov Iu. P., Medvedkova E. A. Osobennosti proyavleniya mikrotsenoticheskikh effektov v slozhnykh smeshannykh drevostoyakh [Features of manifestation of microcenotic effects in complex mixed stands]. *Nauchnyye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Bolshaya Kokshaga"* [Scientific works of the state nature reserve "Bolshaya Kokshaga"]. Iss. 4. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2009. Pp. 124-131. (In Russ.).
33. Demakov Iu. P., Isaev A. V. Zakonomernosti rosta derevev sosny v poyme rek Bolshoy i Maloy Kokshagi [Regularities of growth of trees in the floodplains of Bolshaya and Malaya Kokshaga]. *Nauchnyye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Bolshaya Kokshaga"* [Scientific works of the state nature reserve "Bolshaya Kokshaga"]. Iss. 4. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2009. pp. 68-123. (In Russ.).
34. Demakov Yu. P., Safin M. G., Nekhaev I. N. Prostranstvennoe raspredelenie i vzaimovliyanie derevev v chistykh sosnovykh drevostoyakh [Spatial distribution and interaction of trees in pure pine stands]. *Lesnye ekosistemy v usloviyakh izmeneniya klimata: biologicheskaya produktivnost i distantsionnyy monitoring: materialy mezhdunarod. nauchno-praktich. Seminara* [Forest ecosystems under climate change: biological productivity and remote sensing: international materials. Scientific and practical seminar]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2011. Pp. 93-102. URL:<http://csfm.marstu.net/publications.html>. (In Russ.).
35. Demakov Yu. P., Isaev A. V., Nekhaev I. N. Kharakter osvoeniya derev'yami zhiznennogo prostranstva v poymennykh biogeotsenozakh [The nature of the development of trees living space in floodplain biogeocenoses]. *Nauchnyye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika "Bolshaya Kokshaga"* [Scientific works of the state nature reserve "Bolshaya Kokshaga"], Iss. 6. Yoshkar-Ola: MarGU, 2013. Pp. 163-184. (In Russ.).
36. Shanin V. N. Modelirovanie gorizontal'nogo rasprostraneniya korney derev'ev v razlichnykh usloviyakh mestoobitaniya [Modeling of horizontal distribution of tree roots in different habitat conditions]. *Lesovedenie* [Sylviculture]. 2015. No 2. Pp. 130-139. (In Russ.).
37. Marchenko I. S. Biopole lesnykh ekosistem [Biofield of forest ecosystems]. Bryansk: BGITA, 1995. 188 p. (In Russ.).
38. Rogozin M. V. Plushchad' pitaniya dereva: analiz metodov [Nutrition of trees: analysis of methods]. *Byulleten nauki i praktiki* [Bulletin of science and practice]. 2018. Vol. 4, No 7. Pp. 34-37. <http://www.bulletennauki.com>. (In Russ.).
39. Dorzhiev B. Ch., Ochirov O. N., Sodnomov B. V. Vozmozhnosti radiotomografii dlya resheniya zadach opredeleniya gorizontal'noy struktury drevostoya [Possibilities of radiotomography for solving problems of determining the horizontal structure of the forest stand]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series: Forest. Ecology. Nature management]. 2016. No 2 (30). Pp. 36-44. (In Russ.).
40. Rogozin M. V., Razin G. S. Razvitie drevostoev. Modeli, zakony, gipotezy [Development of forest stands. Models, laws, hypotheses]. monograph / edited by M.V. Rogozin. Perm: PGNIU, 2015. 277p. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24420793>. (In Russ.).
41. Rogozin M. V. *Lesnye ekosistemy i geobiologicheskie seti* [Forest ecosystems and geobiological networks]. Perm: PGNIU, 2016. 171 p. <http://elibrary.ru/item.asp?id=26090628>. (In Russ.).

The article was received 19.03.19.
Accepted for publication 22.05.19.

For citation: Rogozin M. V. Do the Diameters of the Neighbouring Trees Correlate? *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2019. No 1 (41). Pp. 5-16. DOI: 10.25686/2306-2827.2019.2.5

Information about the author

Mikhail V. Rogozin – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Forestry and Landscape Architecture, Perm State Agro-Technological University. Research interests – forestry, sylviculture, forest selection, biogeocenology, ecology. Author of 190 publications, including seven monographs and textbooks.