

УДК 581.9: 630\*232.1: 630\*165  
AGRIS F30

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/03>

## КОНКУРЕНЦИЯ МЕЖДУ ДЕРЕВЬЯМИ СОСНЫ И НЕОБХОДИМОСТЬ РУБОК УХОДА

©Рогозин М. В., ORCID: 0000-0003-3206-9881, д-р биол. наук, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия, rog-mikhail@yandex.ru

## COMPETITION BETWEEN PINE TREES AND NECESSITY OF THINNING

©Rogozin M., ORCID: 0000-0003-3206-9881, Dr. habil., Perm State National Research University, Perm, Russia, rog-mikhail@yandex.ru

*Аннотация.* Изучены 55-летние культуры сосны 1Б бонитета на 17 пробных площадях со сплошным картированием деревьев на площади 2,5 га. Средние высота и диаметр 27,2 м и 20,6 см, полнота 0,96, текущая густота 940–1620 шт./га. В программе «ArcMap–ArcView» вокруг деревьев построили 1624 полигона питания для возраста 30–40 лет и для тех же деревьев в 41–55 лет с увеличением их площади после отпада деревьев (596 полигонов). Корреляция между площадью питания в 30–40 лет и диаметром дерева была  $r = 0,252 \pm 0,023$  при силе влияния по линейному тренду 6,4%. В густых местах культур изучаемая корреляция понижалась до  $r = 0,19 \pm 0,03$ , а в редких местах возрастала до  $r = 0,32 \pm 0,03$ . Далее в густых местах сформировали две выборки: из 589 полигонов не изменивших площадь питания и из 339 с ее увеличением в 41–55 лет на 23%. Изучаемые корреляции оказались практически равны: для не изменивших площадь  $r = 0,221$  и при ее увеличении  $r = 0,226$ . В редких местах культур новые полигоны увеличились на 24%, и различие в корреляциях также было недостоверно. Таким образом, используя дополнительную площадь питания около 20 лет, деревья достоверно не увеличили ее влияние на диаметр ствола. Рассчитывали также конкурентное давление соседей в виде суммы диаметров их стволов, деленной на площадь питания центрального дерева (98 полигонов). Сила давления соседей на центральное дерево оказалась равна 3,2%, а при такой слабой конкуренции уже нет нужды снижать густоту. Поэтому прореживания следует переместить на возраст 10–15 лет, когда еще можно воздействовать на генетическую структуру и менять развитие насаждения в сторону более производительных моделей выращивания.

*Abstract.* 55-year-old forest crops of 1B bonitet pine were studied on 17 trial areas with continuous tree mapping. Average height and diameter 27.2 m and 20.6 cm, fullness 0.96, density 940–1620 pcs / ha. In the ArcMap–ArcView program, tree feeding polygons were built for the age of 30–40 years (1623 polygons) and for the same trees in 41–55 years with an increase in their area after the fall of trees (596 polygons). The correlation between the feeding area in 30–40 years and the diameter of the tree was  $r = 0.252 \pm 0.023$  with an influence strength of 6.4%. In dense areas of crops, the studied correlation decreased to  $r = 0.19 \pm 0.03$ , and in rare places it significantly increased to  $r = 0.32 \pm 0.03$ . In dense areas of forest crops from 928 polygons, two samples were formed: from 589 that did not change the area and from 339 with its increase by 23%. The studied correlations were almost equal: for the age of 30–40 years,  $r = 0.221$  and for 41–55 years,  $r = 0.226$ . In rare forest crop locations, new polygons increased by 13%, and the difference in correlations was also unreliable. Thus, using an additional feeding area of about 20 years, the trees did not significantly

increase the effect of this area on the trunk diameter. The competitive pressure of neighbors was also calculated as the sum of their diameters divided by the feeding area (98 polygons). The strength of the neighbor's pressure on the central tree was equal to 3.2%, and with such weak competition, there is no need to reduce the density. Therefore, thinning should be moved to the age of 10–15 years, when it is still possible to influence the genetic structure and change the development towards more productive models of cultivation.

*Ключевые слова:* древостой, густота, площадь питания, конкуренция, кооперация, рубки ухода.

*Keywords:* standage, density, feeding area, competition, cooperation, care felling.

### *Введение*

Конкуренцию между деревьями определяют как непропорциональное потребление особями веществ и энергии при их недостатке. Считается, что она способствует выделению лидеров и завершается естественным отпадом более слабых особей [1]. Сразу обратим внимание, что здесь содержится утверждение о «недостатке» ресурсов питания для деревьев в растущем древостое. Это определение конкуренции логически вытекает из Закона естественного изреживания насаждений, введенного М. М. Орловым еще в 1920-е годы [2]. Ныне развивающие его теоретические построения усложнились. Моделирование роста леса с использованием в основном упомянутого Закона сопровождается сложными логическими построениями с *презумпцией конкуренции* деревьев за свет и минеральное питание [3, 4]. Авторы моделей чрезвычайно увлечены математическими расчетами и не принимают во внимание отсутствие точных данных о механизме и силе собственно самой конкуренции как фактора, влияющего на взаимоотношения деревьев. Подразумевается, что ее действие всегда сильное и не нуждается в каких-либо расчетах и подтверждениях. Однако это не так.

Наши исследования взаимодействия деревьев в 184-летнем насаждении показали [5], что в древостоях действует не только Закон естественного изреживания, но и еще 4 закона, вскрывающие механизмы развития и гомеостаза насаждений, и конкуренция в их числе влияет на рост деревьев с силой всего лишь 7.7%. На таком же слабом уровне, причем в пределах от 0.2 до 11%, ее действие в молодняках и культурах сосны на 20 пробных площадях определил В. А. Усольцев [6]. Но если конкуренция будет слабой также и в насаждениях других пород, то все разработанные на основе доктрины сильной конкуренции логические и предлагаемые количественные модели роста древостоев [3, 4] лишаются ее поддержки и становятся не легитимными.

Конкуренция между 184-летними деревьями сосны была рассчитана нами также и по ее действию в микроценозах – на 216 площадках 10×10 м, густота которых повлияла на средний диаметр сосны с силой в среднем 10.1%, и это оказалось в 4.7 раза слабее, чем действие густоты на уровне макроценозов (в выборках из пробных площадях размером 0.12 и 0.24 га), где густота повлияла на средний диаметр деревьев с силой 47%. Этот факт позволил предположить, что в микроценозах внутривидовая конкуренция резко слабеет и меняется на взаимное партнерство. Кроме того, густота на площадках 0.01 га в 120 лет повлияла на отпад деревьев на них к 184 годам с силой всего лишь 4.7%. В остальных 95.3 % случаев на отпад повлияли неустановленные в этой работе факторы [5].

Между тем абсолютизация действия Закона естественного изреживания и сильной конкуренции между деревьями привели к тому, что в Правилах ухода за лесами [7] давно

существуют ряд положений с признаками не подлежащих обсуждению доктрин, действующих как руководящий теоретический принцип. В частности, речь идет о делении деревьев любого насаждения на лучшие, вспомогательные и нежелательные. При этом подразумевается, что в насаждении, вовлекаемом в уход, такое деление обязательно.

При этом наибольшее число вопросов и сомнений вызывает рекомендация проводить прореживания в насаждениях среднего возраста. Между тем «средний возраст» – категория не биологическая, а хозяйственная. К ним относят насаждения на два класса менее принятого возраста рубки (или «естественной спелости») и они охватывают промежуток до возраста «молодняка». Так, если для сосны II класса бонитета возраст естественной спелости принять равным 141 год и старше, то к средневозрастным формально будут отнесены ее леса в возрасте 41–120 лет. Обратим внимание, что здесь содержится опасность того, что вместо возраста 100–120 лет при допускаемой в таксации ошибке на один класс возраста и с учетом времени еще и после лесоустройства это вполне могут быть леса в возрасте даже 150 лет. И тогда в этих давно хозяйственно и биологически спелых лесах при полноте 0.8 и более могут быть назначены рубки ухода «проходные» интенсивностью 25–30%, которые буквально разрушат их структуру и устойчивость. Кроме того, если возраст насаждения по материалам таксации менее 60 лет (и опять-таки с учетом указанных ошибок и времени лесоустройства это могут быть древостои в возрасте около 80 лет), то в них, в соответствии с этими Правилами можно снижать полноту, если она 0.8 и более, назначая в них рубки ухода «прореживания»..

Все эти нюансы трудно учесть, и лесные таксаторы обычно принимают простое решение — во всех средневозрастных древостоях с полнотой 0.8 и выше назначать прореживания, а за два класса до принятого возраста рубки – проходные рубки разной очередности. И этот «рецепт» универсален практически для всех насаждений во всех лесохозяйственных районах России.

В Правилах ухода за лесами в целом просматривается идея «помочь» естественному изреживанию, оставляя лучшие деревья и вырубая мешающие им вспомогательные, отставшие в росте и деревья с пороками. В этой благородной идее, однако, содержится посыл долженствования, который человек как бы приписывает деревьям от себя: *они должны* увеличить прирост вследствие того, что после прореживаний у них возрастут площади питания, а далее и древостои в целом *должны* увеличить прирост. Между тем доказать этот безусловно логичный с точки зрения естественного изреживания тезис в специально поставленных опытах с рубками ухода не удалось; их результаты долгое время изучались С. Н. Сенновым [8, 9] и древостои после таких рубок не повысили производительность в сравнении с контролем. Работы эти носили сугубо практический характер и на выбранные в качестве реальных моделей древостои воздействие рубками проводили, так сказать, «на входе» – в возрасте около 40 лет путем разреживаний разной интенсивности, а далее «на выходе» к 80-90-летнему возрасту спустя 40 лет регистрировали их результаты на пробных площадях, заложенных еще в 1940-е годы.

Столь длинное вступление предваряет понимание того, насколько серьезными будут результаты изучения конкуренции между деревьями; слово «актуальность» давно стало общим местом и не в полной мере освещает суть исследований, в результате которых вполне может произойти смена парадигмы, либо, если наши результаты не будут приняты во внимание, парадигма лесоведения и лесоводства останется прежней и наступит стагнация лесных наук в целом; признаки этого явления стали явственно ощущаться после прекращения издания журнала «Лесное хозяйство». Поэтому мы вынуждены использовать для

подобных научно-критических публикаций другие журналы.

Важно понять, что же происходит в древостое в период наивысшего прироста, когда он *сам избавляется* от лишних деревьев. Как оставшиеся деревья используют освободившуюся для них площадь питания? Казалось бы, вопрос не нуждается в доказательствах – они ее используют с увеличением прироста. Однако до сих пор неизвестно, *с каким* конкретно эффектом они это делают. В биометрии на этот вопрос отвечают, выстраивая зависимость между увеличением площади питания дерева и увеличением его размеров после этого изменения. И логические выкладки о том, что «чем больше увеличивается площадь питания, тем больше *должны быть* размеры дерева» необходимо подкрепить расчетами по влиянию этой дополнительной площади. Однако крупные работы такого плана с точными расчетами силы конкурентного давления соседей и влияния площади питания дерева пока есть только в двух крайних возрастах. С одной стороны, работа В. А. Усольцева [6] в молодняках, а с другой – работа М. В. Рогозина [5] в старых сосновых насаждениях. Напомним, что конкуренция между деревьями в них оказалась слабой и колебалась в пределах 0.2–11.0 %, о чем уже говорилось выше.

В связи с этим нужно восполнить пробел и выяснить характер конкуренции в насаждениях 50–70-летнего возраста. Если древостой имел ранее высокую полноту, то в этом возрасте множество деревьев исследователь обнаружит отпавшими в виде сухостоя, валежа и других остатков. По ним можно определить примерное время освобождения дополнительной территории питания для остающихся деревьев [10].

В качестве рабочей гипотезы выдвинуто предположение, что в период максимальной полноты в насаждении конкурентное давление соседей возрастает, и оно будет выше в сравнении с молодняками и со спелыми насаждениями.

*Цель исследования:* рассчитать силу конкурентного давления и пространственных взаимодействий деревьев количественно в зависимости от флуктуаций текущей густоты.

#### *Объекты и методика и работ*

Технически расчеты влияния фактора площади питания сделать не сложно; нужно лишь точно нанести на план все отпавшие и живые деревья и выстроить полигоны их питания в программах картографии, например, “ArcMap–ArcView”. При анализе данных можно использовать точечные диаграммы и статистические оценки корреляций между площадью питания дерева и диаметром ствола, а также показатели аппроксимации трендов связи между ними, используемые в такого рода исследованиях [5, 11, 12].

Для изучения желателен одновозрастный массив леса, и этому требованию как нельзя лучше отвечают лесные культуры. Мы выбрали для исследований культуры сосны, созданные посадкой в 1967 г. на общей площади 3.3 га в кв. 43 Нижне-Курьинского участкового лесничества Пермского городского лесничества. Первоначально в 2019 г. в этих культурах была выделена площадь размером 80×80 м, которую на изготовленном плане размещения деревьев разделили на 9 одинаковых пробных площадей размером по 0,071 га. Но затем обнаружилось, что для выяснения особенностей структуры древостоев их нужно больше. Поэтому на следующий год нанесли на план еще около 2 тыс. деревьев и общая площадь картирования достигла 2.5 га, с охватом большей части выдела культур (Рисунок 1).

Далее на плане выбрали места без прогалин и в камеральных условиях отграничили еще 16 пробных площадей (сокращенно ПП, или пробы), отступая на 5–7 м от границ выдела и от деревьев сосны и ели, появившихся при естественном возобновлении раньше. На пробах старались захватить примерно 100 шт. деревьев. Измерения высот, всего 163 дерева,

проводили на 6 однородных по мезорельефу и почвенному покрову территориях, которые охватывали 3–5 пробных площадей. Затем построили 6 графиков зависимости между диаметром ствола и высотой дерева и далее использовали их тренды для определения средних высот по среднему диаметру древостоя уже отдельно для каждой пробной площади.

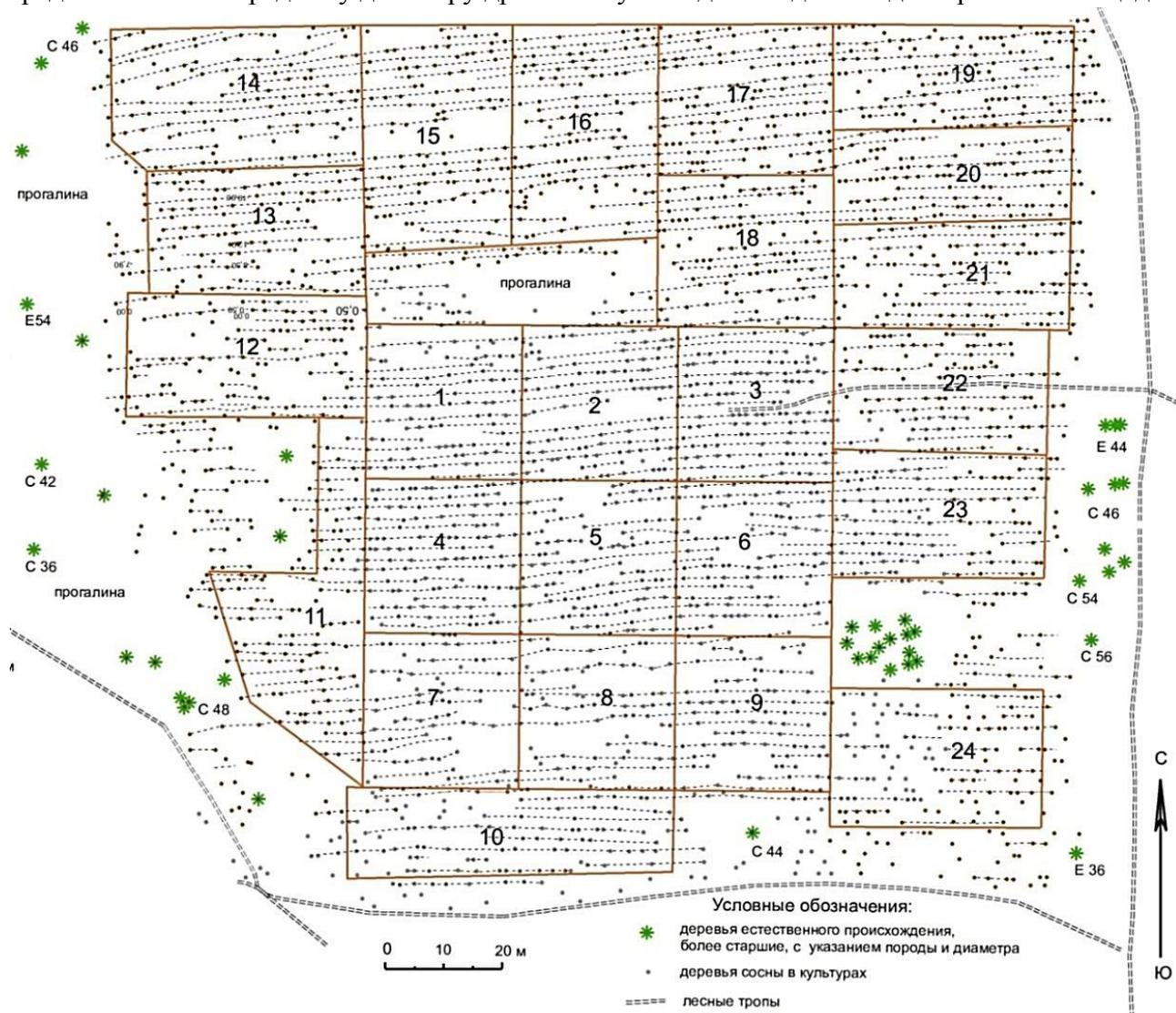


Рисунок 1. Расположение пробных площадей в культурах сосны. На прогалинах ранее складировали порубочные остатки после раскорчевки вырубки

Для выстраивания полигонов питания выбрали 17 пробных площадей с высокой, средней и пониженной густотой, и новые 8 пробных площадей (ПП №17–24) были как раз использованы для восполнения недостатка в средней и высокой текущей густоте. Общее число построенных полигонов питания для живых деревьев составило 2219 шт., в том числе для возраста 30–40 лет были построены так называемые «старые» полигоны (1623 шт.), а затем «новые» полигоны (596 шт.), с увеличением их площади в результате естественного отпада вблизи них части деревьев-соседей. Возраст увеличения площади питания определяли по степени разложения остатков пней и валежа [10], и он оказался примерно 30–40 лет.

#### Анализ результатов

Для расчета относительной полноты и запаса использовали «Стандартную таблицу полноты и запасов основных лесообразующих пород в Пермском крае» Г. С. Разина [13, с. 209]. Входом в нее служит так называемая «верхняя» или «господствующая» высота ( $H_{\text{госп.}}$ ),

которую определяют как среднюю по самым крупным деревьям, к которым относят стволы от 85 ранга и выше из 100 возможных рангов [14]. Поэтому мы относили к ним деревья с диаметрами на 20% и более от среднего.

Для господствующей высоты, равной в среднем по всем пробам 28.4 м, стандарт полноты по указанной Таблице равен 45.7 м<sup>2</sup>/га, и стандарт запаса 578 м<sup>3</sup>/га. Относительные полноты на пробах умножали на этот стандарт и получали запасы на 1 га. Результаты перечислительной таксации древостоев приведены в таблице (Таблица 1).

Таблица 1.

Таксационные показатели древостоя культур сосны в возрасте 55 лет на пробных площадях (ПП) № 1-24

№ ПП	Площадь, га	Живых деревьев, шт.		Средние			Полнота, м <sup>2</sup> /га		Полнота относительная	Запас, м <sup>3</sup> /га
		на ПП	на 1 га	Д, см	H <sub>ср</sub> , м	H <sub>зосп</sub> , м	на ПП	стандартная		
1	0.071	93	1310	20.8	27.5	28.4	39.9	45.7	0.87	500
2	0.071	106	1490	20.0	26.3	27.6	43.5	45.3	0.96	560
3	0.071	115	1620	19.0	26	27.3	44.0	45.2	0.97	560
4	0.071	109	1530	18.4	25.7	27.3	45.7	45.2	1.01	580
5	0.071	94	1320	18.8	25.8	27.3	42.3	45.2	0.94	540
6	0.071	90	1270	20.3	27.6	28.3	46.0	45.6	1.01	580
7	0.071	67	940	22.5	28	28.7	39.2	45.8	0.86	490
8	0.071	73	1030	23.1	28.1	28.7	46.5	45.8	1.02	590
9	0.071	79	1110	21.6	27.9	28.5	40.8	45.7	0.89	520
10	0.083	88	1060	21.5	27.8	28.2	38.4	45.6	0.84	490
11	0.087	98	1130	21.6	27.8	28.2	41.4	45.6	0.91	520
12	0.087	96	1100	22.0	27.9	28.3	42.1	45.6	0.92	530
13	0.081	98	1210	21.2	27.6	28.5	42.5	45.7	0.93	540
14	0.103	97	940	23.0	27.8	28.6	42.1	45.7	0.92	530
15	0.099	110	1110	22.0	27.7	28.5	42.0	45.7	0.92	530
16	0.093	110	1180	21.4	27.5	28.5	43.7	45.7	0.96	560
17	0.078	100	1400	20.2	27.3	28.3	44.9	45.6	0.98	570
18	0.0795	100	1260	20.7	27.4	28.5	43.3	45.7	0.95	550
19	0.073	109	1490	19.4	26.8	29	44.1	46	0.96	550
20	0.066	89	1350	20.4	27.3	29.1	44.4	46	0.97	560
21	0.075	93	1240	21.5	27.5	29.1	45.0	46	0.98	570
22	0.078	96	1230	20.6	27.4	29.1	41.1	46	0.89	520
23	0.079	99	1250	21.6	27.5	29.1	46.0	46	1.00	580
24	0.087	121	1390	20.5	27.5	29.1	46.1	46	1.00	580
Среднее	0.079	97	1248	20.9	27.3	28.4	43.0	45.7	0.94	545
Колебания от среднего, %	макс.	130	110	103	102	108	101	108	108	108
	мин.	75	88	94	96	89	99	89	90	90

Анализ Таблицы 1 показывает, что густота культур от среднего значения 1248 шт./га колеблется в пределах 75–130% с различием крайних значений в 1.73 раза и это открывает возможность разделения пробных площадей по этому фактору.

Отметим, что средние высоты на пробах колебались от -5.9 до +2.9% от средней высоты по участку и размах колебаний составил 8.8%, тогда как средние «верхние» высоты имели колебания от -4.0 до +2.4% с размахом 6.4%, т.е. в 1.4 раза меньшим, что подтвердило как высокую однородность условий на участке, так и правильность использования «верхней» высоты для их оценки.

В целом по выделу культур на глубине 2.0–3.0 м залегают прослойки плотного опесчаненного суглинка бурого цвета, и они являются относительным водоупорным горизонтом. Механический состав почвы можно определить как супесчаная. Такие почвы на аллювиальных отложениях в долинах рек, достигающих в нашем случае мощности в 7–10 м, наиболее благоприятны для сосны и поэтому не случайно при «верхней» высоте 28.4 м (местами до 29.1 м) и возрасте 55 лет насаждение растет по 1Б классу бонитета. Это очень продуктивный лес, и тем более интересно узнать, как же в нем протекала конкурентная «борьба» между деревьями за ресурсы питания.

Для понимания того, в каком направлении работать со столь громадным материалом, мы выбрали вначале для анализа одну пробную площадь №23, где густота и диаметр близки к средним значениям, а полнота наиболее высока и равна 1,0. На плане показаны номера деревьев и полигоны их питания для двух состояний: до возраста 30–40 лет и их увеличенный размер после отпада части деревьев (Рисунок 2).

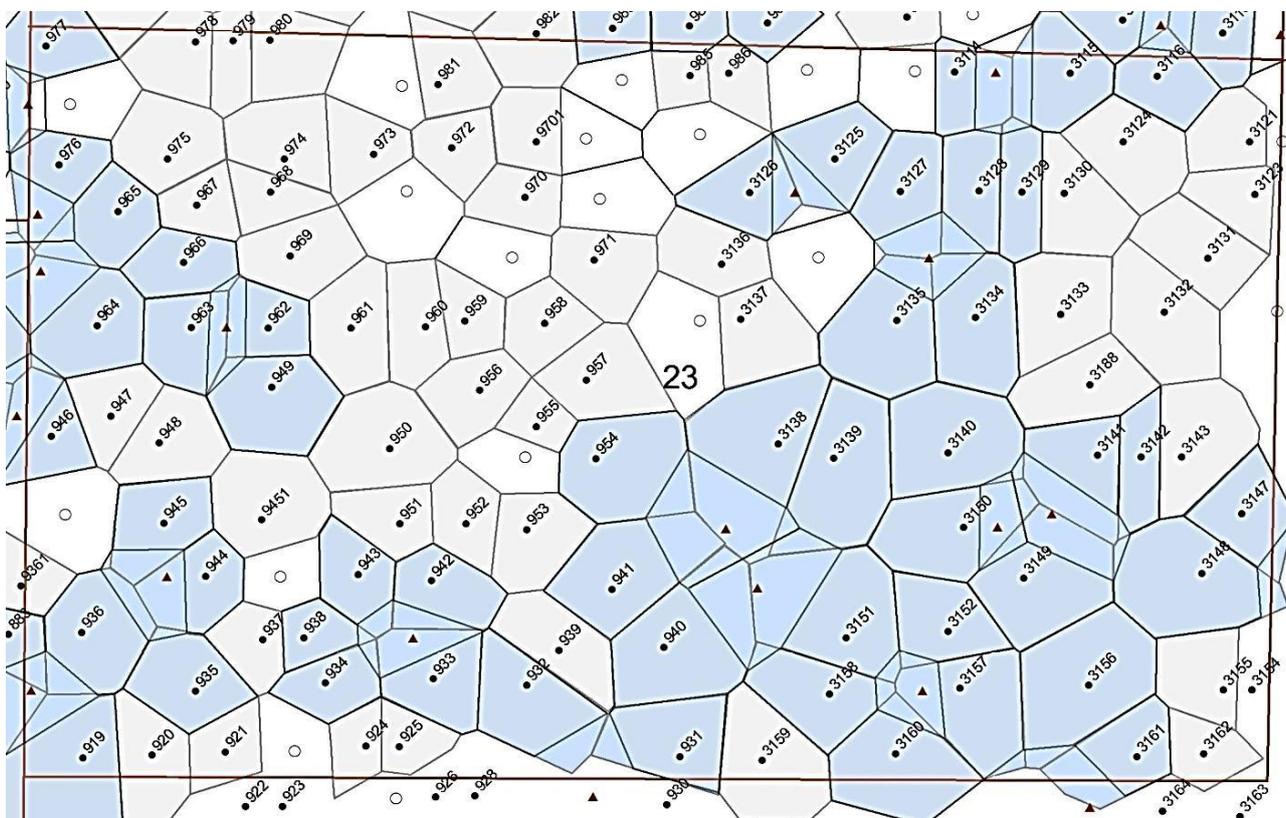
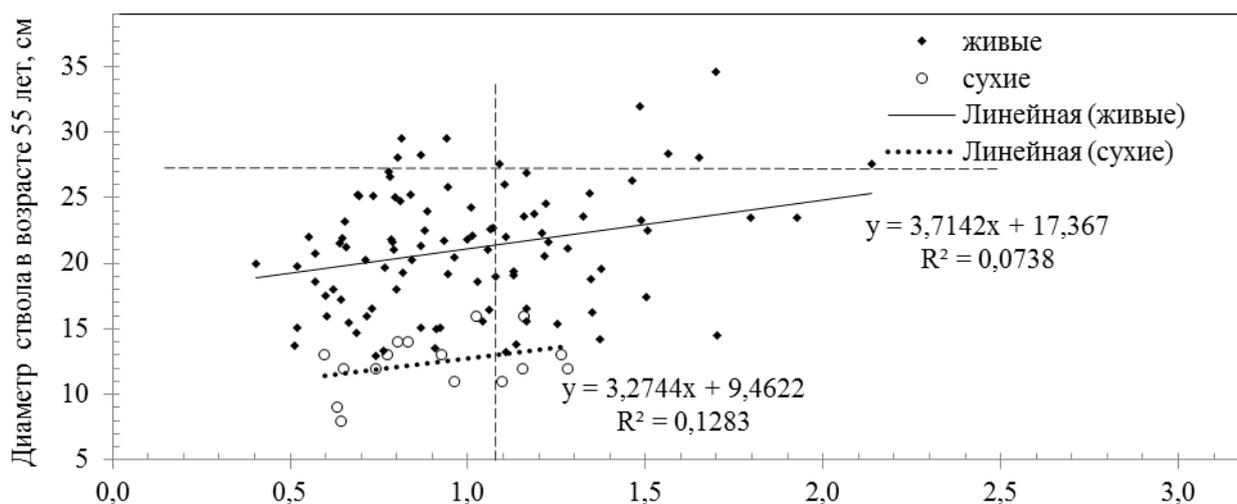


Рисунок 2. Пробная площадь № 23 со средней густотой и полнотой 1.0. Треугольные маркеры – деревья, отпавшие в возрасте 30–40 лет; овалы – сухостойные деревья. Серые полигоны – площади питания до возраста 30–40 лет, синие полигоны с наложением – увеличенные площади питания в 41–55 лет

Отметим, что на Рисунке 2 можно выделить рядом три дерева с достаточно большой площадью питания (их номера 3138, 3139 и 3140). Они достигли диаметров 28, 34 и 14 см и далее на Рисунке 3 они видны как точки напротив площади питания со значением 1,7. Можно полагать, что для первых двух деревьев условия сложились более благоприятно, так как вблизи них отпало сразу два дерева (на плане два треугольных маркера) и площадь их питания возросла; для учета этого обстоятельства мы и построили новые полигоны вокруг деревьев, которые имели погибших в 30–40 лет соседей (всего 50 полигонов с наложением синего цвета).



Площадь питания дерева в возрасте до 30-40 лет, относительные единицы

Рисунок 3. Влияние площади питания дерева на диаметр ствола. Горизонтальная линия – превышение диаметра на 30 % от среднего значения.

Для полигонов питания определили площадь и построили диаграмму связи между площадью питания дерева и диаметром его ствола (Рисунок 3), где существует достоверная корреляция  $r = 0.270 \pm 0.090$ , а линейный тренд имеет показатель аппроксимации  $R^2 = 0.072$ , т. е. доставшаяся дереву в возрасте 30–40 лет площадь питания очень слабо повлияла на размер его ствола и ее можно оценить как фактор, подействовавший на рост сосны по диаметру спустя примерно 20 лет с силой всего лишь 7,3%

Примечательно, что на Рисунке 3 из десяти самых крупных деревьев шесть имеют площадь питания выше средней (они справа от вертикальной линии), и поэтому их выдающиеся размеры обязаны не генетическим преимуществам, а банальному увеличению площади питания. То есть фактор площади питания на 60% обуславливает здесь появление в древостое наиболее крупных деревьев, которые в селекции относят к «плюсовым» деревьям.

Однако четыре крупных дерева из этих десяти расположены на диаграмме левее вертикали и поэтому могут обладать хорошими генетическими задатками для роста в стесненных условиях. Эти рассуждения говорят в пользу того, что генетические особенности дерева обуславливают его размеры здесь не более чем в 40% случаев. В целом же 1/3 общего числа деревьев сформировались на малых площадях питания, и здесь крупных деревьев нет. Поэтому точная генетическая обусловленность роста крупных деревьев остается не ясной, и нужен дополнительный анализ на других пробах.

Отдельно на Рисунке 3 маркерами-олами показаны 16 сухостойных деревьев, и они

мало чем отличаются от положения живых деревьев. Однако все же большая их часть, 10 из 16 шт. (62%), имели площадь питания менее средней, и поэтому можно пока считать, что уменьшение площади питания привело к их гибели в более чем половине случаев. В то же время неизвестно, какие по размерам соседи их окружали, и если они были больше по размерам, то не виноваты ли они в повышенном конкурентном давлении на усохшие деревья? Но вопрос этот нуждается в совершенно отдельном анализе данных.

Далее, используя новые полигоны для возраста 41–55 лет можно выяснить, как их увеличенная в сравнении с возрастом до 40 лет площадь питания изменила силу ее влияния на диаметр ствола. Мы построили точечную диаграмму по двум рядам данных: для площади питания в возрасте до 40 лет и для площади питания в возрасте 41–55 лет при диаметрах ствола, которые были взяты для 55-летнего возраста и не менялись (Рисунок 4).

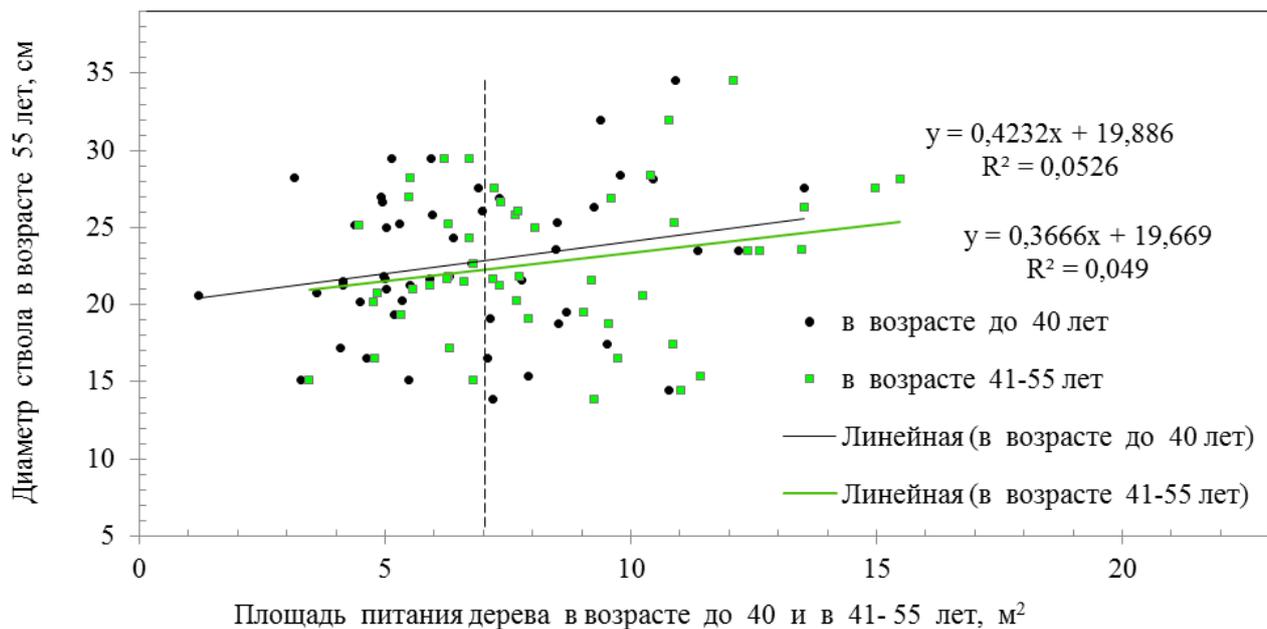


Рисунок 4. Увеличение площади питания у части деревьев после отпада их соседей и практически прежнее влияние новой площади питания на диаметр ствола

Оказалось, что увеличенная площадь питания ничего не изменила в силе ее влияния на диаметр ствола — показатель  $R^2$  линейного тренда для «старой» и «новой» площади питания был практически одинаковым (0,52 и 0,49). Тем не менее, есть надежда на то, что на других пробных площадях эта связь возрастет; к тому же выборка из 50 полигонов мала для оценки различий между слабыми корреляциями, которые для старой и новой площадей питания на рисунке 4 были равны, соответственно,  $r = 0,229 \pm 0,14$  и  $r = 0,221 \pm 0,13$ .

Проверяя эту надежду в более крупном массиве данных, мы рассчитали далее корреляции между площадью питания и диаметром ствола уже на 17 пробных площадях. В этой большой совокупности средняя густота была несколько ниже (1308 шт./га), чем средняя густота на 24-х пробах в предыдущей Таблице 1. Их поделили на две группы: с густотой выше средней («густые места») и с густотой менее средней («редкие места»). В свою очередь, в каждой группе сделали еще по две выборки, первую из которых использовали как контроль (Таблица 2).

Таблица 2.

Влияние площади питания (S) на диаметр ствола по коэффициенту корреляции (r) в двух выборках. В первой площадь питания не менялась (S<sub>0</sub>), во второй была увеличена после отпада деревьев в возрасте 30-40 лет от начального размера (S<sub>1</sub>) до увеличенного в 41-55 лет (S<sub>2</sub>)

№ ПП	Текущая густота, шт./га	Построено полигонов питания для возраста 30-40 лет, шт.	Корреляция площади питания с диаметром ствола, r	Контрольная выборка 1. Полигоны, не менявшие площадь (S <sub>0</sub> ), м <sup>2</sup>			Опытная выборка 2. Полигоны, изменившие площадь, м <sup>2</sup> : в возрасте 30-40 лет – S <sub>1</sub> в возрасте 41-55 лет – S <sub>2</sub>				
				шт.	S <sub>0</sub>	r <sub>0</sub>	шт.	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	r <sub>1</sub>	r <sub>2</sub>
«Густые места»											
3	1580	112	0,21	78	5,37	0,22	34	4,58	5,57	0,17	0,21
4	1530	109	0,13	71	4,7	0,19	38	5,06	6,20	0,02	0,11
2	1490	105	0,24	74	6,24	0,25	31	4,72	5,93	0,43	0,26
19	1490	96	0,31	57	5,3	0,42	39	5,36	6,70	0,06	0,35
17	1400	100	0,15	50	6,24	0,38	50	5,91	7,12	-0,04	0,00
24	1390	129	0,12	74	6,76	0,24	55	6,53	7,91	0,19	0,15
20	1350	89	0,16	66	6,1	0,10	23	5,50	6,50	0,38	0,26
5	1320	94	0,16	72	6,2	0,08	22	4,77	5,90	0,56	0,58
1	1310	94	0,23	47	5,98	0,27	47	6,21	7,78	0,20	0,10
Сумма		928		589			339				
Среднее	1429		0,190		5,88	0,239		5,40	6,63	0,221	0,226
«Редкие места»											
6	1270	91	0,27	52	6,37	0,38	39	6,08	7,70	0,13	0,22
18	1270	100	0,13	78	6,23	0,09	22	5,69	6,84	0,37	0,25
23	1250	98	0,25	48	5,79	0,13	50	6,72	8,35	0,22	0,22
21	1240	93	0,40	58	7,00	0,37	35	5,27	6,50	0,42	0,49
22	1230	95	0,44	53	6,35	0,52	42	5,34	6,70	0,24	0,19
9	1110	79	0,28	55	7,70	0,41	24	6,22	7,70	0,13	0,20
8	1030	72	0,46	58	9,60	0,47	14	7,45	8,90	0,28	0,42
7	940	68	0,35	37	9,35	0,39	31	6,32	8,40	-0,14	0,19
Сумма		696		439			257				
Среднее	1168		0,322		7,29	0,344		6,14	7,64	0,207	0,272
Вместе «густые» и «редкие» места											
Сумма		1624		1028			596				
Среднее	1308		0,252		6,54	0,288		5,75	7,10	0,214	0,248
Сила влияния фактора, %			6.4			8.3				4.6	6.1
Примечание: закрашены ячейки с корреляциями, достоверными при t <sub>0,95</sub>											

Всего изучили 1624 полигона питания, из них 928 в густых местах и 696 — в редких местах культур. Корреляция между площадью питания и диаметром ствола в густых местах составила  $r = 0,190 \pm 0,003$ , а в редких местах она возросла до  $r = 0,322 \pm 0,003$ . Различие высоко достоверно при  $t = 2,84 > t_{0,99} = 2,6$ . Это убеждает нас в том, что увеличение площади питания привело в редких местах древостоя к большим увеличениям в размере ствола, чем в густых местах. То есть получилось совершенно не то, что ожидалось из доктрины

конкуренции между деревьями сосны, а именно, что в густых местах конкуренция возрастает, и что там влияние площади питания также «должно быть» сильнее, чем в местах с меньшей густотой. В нашем случае этого не произошло, и как тут быть? Что же происходит на самом деле во взаимоотношениях деревьев в более густых местах, если там влияние площади питания ослабевает?

Но пока оставим этот вопрос на конец статьи для обсуждения, и рассмотрим влияние площади питания при ее увеличении после отпада части деревьев-соседей вблизи центрального дерева, т.е. на уровне микроценоза. В целом ее увеличили 596 деревьев (36,7%), в том числе в густых местах 36,5%, и в редких местах 37% деревьев. То есть и в густых, и в редких местах отпавшие деревья увеличивали площади питания у оставшихся деревьев с почти одинаковой частотой, и мы получаем некое равенство результатов при различных начальных состояниях. Этот факт, наблюдаемый во втором классе возраста, говорит о том, что вопрос естественного изреживания в микроценозах не так прост, и нуждается в дополнительном изучении.

Продолжим анализ Таблицы 2, где в густых местах мы выстроили в общей сложности 928 полигонов. Из них сформировали 2 выборки. В контрольную выборку 1 включили 589 деревьев, не изменивших свою площадь питания с обозначением ее как  $S_0$ . В выборку 2 подобрали 339 полигонов с увеличением их средней площади от  $S_1 = 5,40 \text{ м}^2$  в возрасте 30–40 лет до  $S_2 = 6,63 \text{ м}^2$  в возрасте 41–55 лет. Ожидалось, что дополнительное питание центрального дерева повысит диаметр его ствола. Однако этого не произошло. Средние значения корреляций оказались практически равны: для площади питания в 30–40 лет  $r_1 = 0,221$ , и для площади питания в 41–55 лет  $r_2 = 0,226$ . При этом среди комбинаций  $r_1$  и  $r_2$  внутри выборки были как повышения (до 0,58), так и снижения корреляций почти до нуля. Здесь особенно важно то, что в контрольной выборке 1 из 589 деревьев, где полигоны не менялись, корреляция «площадь питания × диаметр ствола» равна  $r_0 = 0,239$ , а в опытной выборке 2 при увеличении полигонов от 5,40 до 6,63 м<sup>2</sup> (на 23%), были получены почти такие же корреляции:  $r_1 = 0,221$  и  $r_2 = 0,226$ , с отличием от  $r_0 = 0,239$  лишь на одну-две сотых. Это свидетельствует о том, что в опытной выборке деревья, используя территорию погибших соседей, никак не отреагировали на получение от них дополнительно 23% площади питания и не увеличили диаметры стволов спустя 15–20 лет. В результате получается, что этот экспериментальный факт полностью дезавуирует смысл благородной идеи ухода за лесом путем упреждения естественного изреживания «прочистками» и «прореживаниями» в возрасте 30–40 лет [14]. Далее посмотрим, как этот процесс протекает при меньшей густоте.

В редких местах культур на 8 пробных площадях есть в общей сложности 696 полигонов питания. Из них отделили 439 полигонов, не изменивших свою площадь (контрольная выборка 1) и 257 полигонов, которые увеличили площади питания (опытная выборка 2) в среднем от 6,14 м<sup>2</sup> в возрасте 30–40 лет до 7,64 м<sup>2</sup> в возрасте 41–55 лет, т.е. в 1,24 раза. Корреляции между площадью питания «старой» ( $r_1$ ) и «новой» ( $r_2$ ) и диаметром ствола центрального дерева несколько увеличились: от  $r_1 = 0,207 \pm 0,060$  до  $r_2 = 0,272 \pm 0,058$ , но различия недостоверны при  $t = 0,78$ . Однако между  $r_0 = 0,344 \pm 0,042$  и  $r_1 = 0,207 \pm 0,060$  критерий различия приблизился к достоверному, при  $t = 1,87 > t_{0,90} = 1,65$ . Если возвести эти корреляции в квадрат, то получим детерминацию  $r_0^2 = 0,118$  и  $r_1^2 = 0,043$ ; она покажет силу влияния фактора площади питания, которая ослабевает от 11,8% до 4,3% или в 2.7 раза.

Это может говорить о том, что в редких местах и так довольно слабое влияние площади питания на диаметр ствола (11,8%) по каким-то неясным причинам оказалось еще слабее (4,3%) именно там, где деревья получали дополнительную площадь питания после отпада

деревьев-соседей. Возможно, снижение случайное. Однако возможно и то, что оно вызвано повышением густоты в пределах пробной площади (поэтому там и отпали деревья), и она воздействовала на уровень корреляции точно так же, как и в группе пробных площадей в густых местах. И такое ее снижение уже не выглядит случайным, так как совпадает с ее достоверным снижением в целом в густых местах культур до  $r = 0,190 \pm 0,0032$ .

Внизу Таблицы 2 приведены значения силы влияния площади питания на диаметр ствола центрального дерева в целом, а также в контрольной и опытной выборках. Так, в целом во всей совокупности из 1624 полигонов, площадь питания в возрасте 30-40 лет коррелировала с диаметром ствола при  $r = 0,252$ . При возведении этой корреляции в квадрат и переводе в проценты получаем силу влияния фактора площади питания 6,4%. Такие же расчеты для выборки 1(контроль) и выборки 2 (опыт) дают ее значения в пределах 4,6–8,3%. То есть все изученные влияния фактора площади питания дерева на его диаметр слабые, и различия между ними не достоверны.

Анализ Таблицы 2 будет неполным, если мы не рассмотрим в целом влияние густоты пробных площадей на корреляцию между площадью питания и диаметром ствола в них, значения которой приведены в четвертой графе этой таблицы. По этим данным мы построили обычную точечную диаграмму (Рисунок 5).

На рисунке 5 хорошо видно, как повышение густоты снижает корреляцию «площадь питания  $\times$  диаметр ствола», и в массиве культур влияние густоты на изучаемую корреляцию можно оценить равной 32.8% при  $R^2 = 0,328$  для линейного тренда этой связи.

Площадь питания, доставшаяся дереву в возрасте 30–40 лет – это простой физический фактор. Но есть еще и фактор фитоценотический, а именно, влияние деревьев-соседей, имеющих разные размеры и расположенных еще и на разном расстоянии от центрального дерева. Они могут не только конкурировать, но и помогать друг другу [10]. В целом присутствует и то, и другое и правильнее назвать отношения в сообществе деревьев взаимодействием. В явлении взаимодействия, упрощая его, можно сказать, что соседи могут «давить» друг на друга (конкурировать), а могут и «дружить» друг с другом (партнерствовать). Как же эти взаимодействия измерять, и как они проявляют себя?

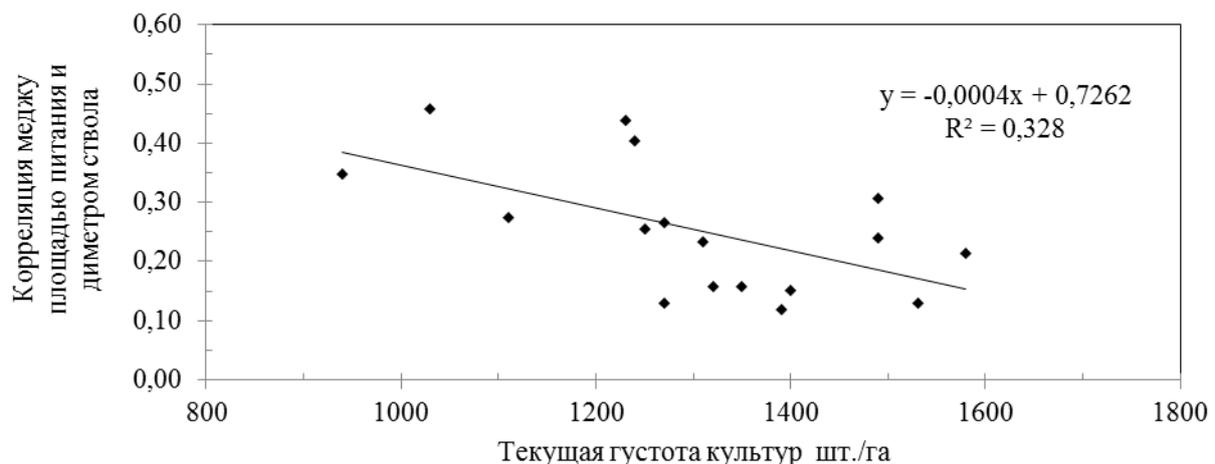


Рисунок 5. Влияние густоты древостоя на корреляцию между площадью питания дерева и диаметром его ствола

В самом простом варианте давление соседей на дерево можно рассчитать в виде суммы их диаметров, которую надо разделить на площадь питания центрального дерева, т.е.

определить их давление на единицу площади питания дерева в центре, с единицей измерения см/м<sup>2</sup>. Опуская детальное описание этого способа, для чего требуется отдельная статья, покажем только результаты расчетов на ПП 23 со средней густотой. Силу влияния давления диаметров соседей определили по показателю аппроксимации линейного тренда. Связь оказалась неожиданно намного слабее, чем просто влияние площади питания выше на Рисунке 3 и равное  $R^2 = 0,072$ ; здесь оно снизилось до  $R^2 = 0,014$  (Рисунок 6).

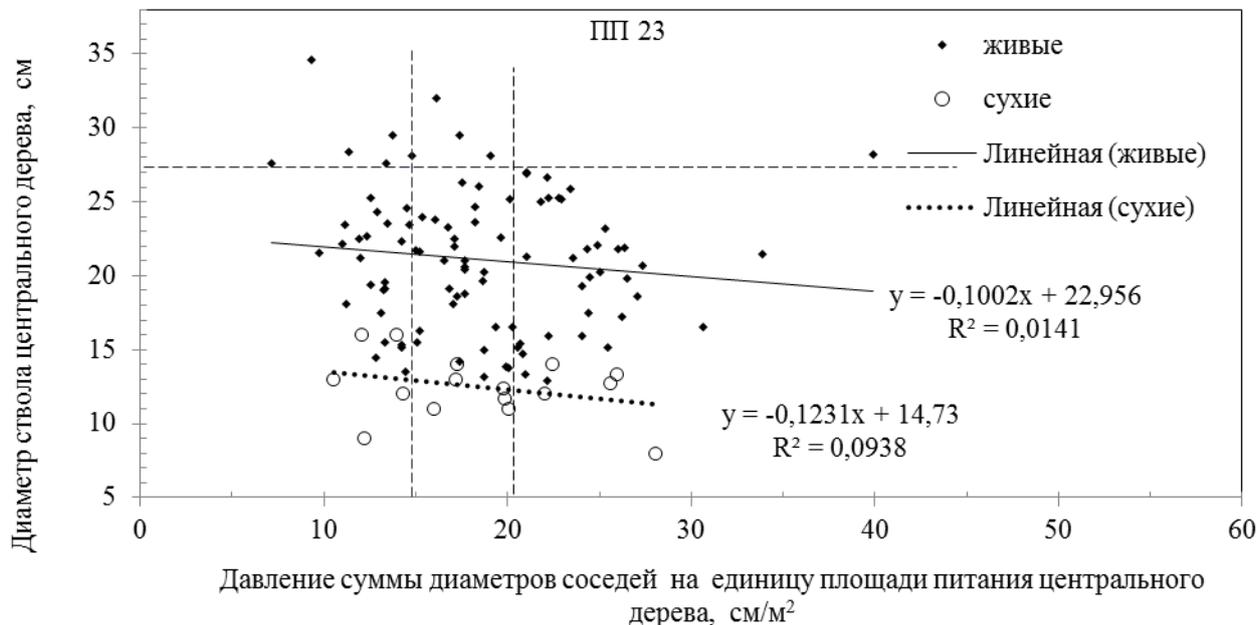


Рисунок 6. Влияние конкурентного давления соседних деревьев на диаметр ствола центрального дерева. Горизонтальная линия – превышение диаметра на 30% от среднего; вертикальные линии делят выборку по частоте на три части

В связи со снижением силы связи проведем сравнение факторов физического и фитоценотического по их корреляциям. Для простого физического фактора корреляция «площадь питания × диаметр ствола» была равна  $r = 0,272 \pm 0,09$ ; для сложного в расчетах фактора давления соседей на единицу площади питания ее уровень понизился до  $r = -0,119 \pm 0,10$ . Различие между ними без учета знаков недостоверно при  $t = 1,14 < t_{0,95} = 1,98$ . Так как связи очень слабые, то возникает необходимость получения еще более массовых данных, что будет осуществлено в наших следующих работах.

В продолжение анализа картины рассеивания точек на рисунке 6 обратим внимание на десять самых крупных деревьев. Из них только одно выросло при повышенном давлении соседей, три выросли при среднем, а шесть деревьев сформировались при слабой конкуренции. То есть «плюсовые» диаметры у дерева получались в 90% случаев при среднем и слабом конкурентном давлении, а возможный генетический фактор быстрого роста в условиях повышенной конкуренции проявил себя только у 10% деревьев.

Еще более важные результаты обнаруживает выборка из 16 сухостойных деревьев. Здесь практически равное их число погибло при слабом (5 шт.), среднем (6 шт.) и высоком (5 шт.) давлении соседей на единицу площади их питания. То есть в последние примерно 15 лет отпад деревьев на ПП 23 происходил независимо от силы давления на них деревьев-соседей. При этом на размер усыхающих деревьев действовало давление в 9,3% ( $R^2 = 0,093$ ), и это выше, чем давление на живые деревья ( $R^2 = 0,014$ ). Однако различия между корреляциями у сухих ( $r = -0,301 \pm 0,23$ ) и живых деревьев ( $r = -0,119 \pm 0,10$ ) вновь оказались не достоверными из-за малого объема выборки. Поэтому пока можно сделать лишь

предварительный вывод о том, что в 55-летних культурах с полнотой 1,0 в последние 15 лет отпад деревьев не был связан с конкурентным давлением деревьев-соседей. Для окончательного вывода необходим анализ данных по естественному изреживанию культур на пробных площадях с меньшей полнотой и густотой.

### Обсуждение результатов

Проведенный анализ задействовал лишь малую часть данных о взаимодействии деревьев сосны в 55-летних культурах, и в тексте обозначены вопросы для дальнейшего изучения. Но даже ограниченные результаты позволяют сделать ряд статистически достоверных выводов. Посмотрим, к каким теоретическим выкладкам приведет нас анализ полученных выше экспериментальных фактов.

Поговорим о сгущении информации, о свертывании ее в образы, формирующие некие устойчивые логические конструкции. Возьмем начало *логической формулы* В. Н. Сукачева: «лесной биогеоценоз есть сообщество растений, объединенных борьбой за существование...», которую иногда расширяют в учебниках, добавляя следующие слова: «...где тысячи деревьев погибают, побежденные в конкурентной борьбе с более сильными соседями». После этих, казалось бы, справедливых утверждений вставляют еще одно: «...спустя годы после такой борьбы деревья *должны* располагаться большей частью равномерным образом или случайно». Это — парадигма (мы полагаем, уже старая) и ее не надо было доказывать. Хотя вместо слова *должны* чаще употребляли слово «*могут*», используя последнюю вставку как гипотезу о равномерном размещении деревьев, подтверждением которой лесоводы занимались последние 40 лет [17, 18]. Вероятно, она каким-то образом развивала учение о фитоценозах В. Н. Сукачева, который говорил о том, что учение Ч. Дарвина о борьбе за существование приобрело большое теоретическое значение [19]. То есть мы опять возвращаемся к доминанте идеи «борьбы» деревьев, после которой они *должны стремиться* к равномерному расположению.

Но в реальности обнаружить равномерное расположение деревьев не получается даже на небольших площадях в самых старых насаждениях, где 40% (!) деревьев растут биогруппами и встречаются цепочки из 5–7 деревьев, и такой же процент площади (40%) приходится на окна, причем это происходило в 184-летнем древостое с полнотой, близкой к 1,0. Что бы доказать это, пришлось написать целую книгу и провести картирование деревьев на площади 2,2 га [5]. Что же было в этих скоплениях деревьев? Уж не кооперация ли в «борьбе»? С кем же они боролись, и с какой силой «давили» друг на друга?

Задавая вопросы, надо отвечать.

Отвечая, мы начинаем понимать, что только первые слова в этой логической связке — это наблюдаемые факты (тысячи деревьев погибают...), а все другие слова — домысливание того, что *могло бы* следовать из них, ну а после слов «*должны* располагаться...», опять же логически, получаем уже некую доктрину с вытекающим из нее планом действий.

Например, доктрина о том, что следует помогать деревьям в «борьбе» и разреживать густые места, не допуская их окончательной гибели и используя древесину отставших в росте деревьев. Эту «помощь» рубками ухода незаметно возвели в абсолют без детальной проверки того, нужна ли вообще эта помощь деревьям. Но одна проверка все же была, и она не подтвердила благородный посыл таких рубок в части повышения производительности насаждений — это работа С. Н. Сеннова [8]. Заметим, что авторитет С. Н. Сеннова был тогда очень высок. Были и другие сильные и знаковые работы, причем с выходом в начале XXI века на пять новых Законов развития лесных насаждений [5, 15, 16]. Однако сторонники

интенсивных прореживаний и проходных рубок постарались не заметить эти работы... Уж очень хотелось получать деловую древесину, и идея «помощи» лесам рубками ухода красной нитью пронизывала лесоводство весь XX век. Эта теоретическая основа в виде стремления к равномерному размещению и оптимизации площади питания деревьев уже рассматривалась нами в историческом аспекте, где были вскрыты причины ее безуспешной верификации в нашей стране и за рубежом с современных теоретических позиций [20].

Однако доктрина о «сильной» конкуренции между деревьями не сдает позиций и в лесоводстве до сих пор существует следующая логическая конструкция. Слова «тысячи деревьев погибают в результате естественного изреживания» отображают наблюдения и факты, на основе которых выдвигается предположение о сильной конкуренции за ресурсы питания, а далее сразу идут предложения для практики по ее снижению рубками ухода, биологическая целесообразность которых и возраст регулирования густоты в специальных опытах были проверены лишь частично. В итоге, и уже достаточно давно, были предложены простые модели ухода за лесом (прочистки, прореживания, проходные рубки). Их можно отнести к классу «логических квази-моделей», не подкрепленных расчетами силы влияния тех факторов, на которые они воздействуют. Результат их реализации на практике хорошо виден на космоснимках в виде разрушительных последствий прореживаний и проходных рубок в лесах по всей России. Их следует отбросить и заменить другими моделями ухода, двигаясь дальше по уже новой парадигме лесоводства, учитывая действие не одного, а пяти Законов развития лесных насаждений, которых может быть и больше.

В завершение обсуждения результатов можно предложить следующее определение древостоя: «...древостой — это верхний ярус фитоценоза при сотрудничестве деревьев и слабой их конкуренции за ресурсы питания с разделением экологических ниш, обусловленных генетически, который способствует формированию лесной почвы и среды обитания биоты во всех ярусах биогеоценоза».

#### Выводы

1. Корреляция между площадью питания в возрасте 30-40 лет и диаметром ствола дерева в центре полигона равна  $r = 0,252 \pm 0,023$  при силе влияния фактора 6,4%. В густых местах культур изучаемая корреляция понижалась до  $r = 0,19 \pm 0,03$ , а в редких местах достоверно возрастала до  $r = 0,32 \pm 0,03$ .

2. В густых местах культур из 928 полигонов сформировали две выборки: из 589 не изменивших свою площадь и из 339 с ее увеличением на 23%. Изучаемые корреляции в них оказались почти равны: для возраста 30–40 лет  $r = 0,221$  и для возраста 41–55 лет  $r = 0,226$ .

3. В редких местах культур новые полигоны увеличились на 24%, и различие в близких по значению и слабым корреляциях также было недостоверно. То есть деревья, используя дополнительную площадь питания от погибших соседей, не отреагировали на это событие достоверным увеличением ее влияния на диаметр ствола спустя 15–20 лет.

4. Конкурентное давление соседей рассчитывали в 98 полигонах питания в виде суммы их диаметров, деленной на площадь питания центрального дерева. Влияние этого фактора на диаметр центрального дерева равно 1,4%, что свидетельствует об очень слабой конкуренции между деревьями за ресурсы питания в микроценозах.

5. Ранее выдвинутое предположение, что при максимальной полноте древостоя в среднем возрасте конкуренция возрастает, в изученных 55-летних культурах не подтвердилось. Влияние конкуренции, равное 6,4%, оказалось практически того же уровня, что и в ранее изученном 184-летнем сосняке (7,7%).

6. Полученные экспериментальные факты о слабой конкуренции между деревьями лишают биологического смысла идею упреждения естественного изреживания путем «прочинок» и «прореживаний» в возрасте от 30 лет и далее. Регулирование густоты следует переместить на возраст 10–15 лет, когда еще можно эффективно воздействовать на генетическую структуру древостоя и изменить его развитие в сторону более производительных моделей выращивания, а в возрасте 20 лет и старше в продуктивных лесах проводить только пассивные рубки ухода очень слабой интенсивности (3–5%).

*Автор благодарит директора Пермского городского лесничества Галанову Антонину Александровну и лесничего Васильевых Геннадия Павловича за возможность проведения научных исследований и учебных практик студентов в подведомственных им лесах.*

#### Список литературы

1. Калинин К. К. Лесоводство: курс лекций. Изд. 2-е. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2011. 248 с.
2. Орлов М. М. Лесная таксация. 3-е изд. М.: Лесное хозяйство и лесная пром-сть, 1929. 532 с.
3. Гавриков В. Л. Рост леса: уровни описания и моделирования. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. 176 с.
4. Грабарник П. Я., Шанин В. Н., Чертов О. Г., Припутина И. В., Быховец С. С., Петропавловский Б. С., Фролов П. В., Зубкова Е. В., Шашков М. П., Фролова Г. Г. Моделирование динамики лесных экосистем как инструмент прогнозирования и управления лесами // Лесоведение. 2019. № 6. С. 488-500.
5. Рогозин М. В. Структура древостоев: конкуренция или партнерство?. Пермь: ПГНИУ. 2019. 223 с.
6. Усольцев В. А. Продукционные показатели и конкурентные отношения деревьев. Исследование зависимостей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 556 с.
7. Правила ухода за лесами. М.: МПР РФ. Приказ № 626 от 22.11.2017.
8. Сеннов С. Н. Уход за лесом: экологические основы. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 127 с.
9. Сеннов С. Н. Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса. С-Пб.: СПбНИИЛХ, 1999. 98 с.
10. Чирков Г. В. Закономерности формирования древесного опада в хвойных древостоях Ленинградской области: Автореф. дис... канд. с.-х. наук. СПб. 2004. 24 с.
11. Усольцев В. А., Часовских В. П., Акчурина Г. А., Осмирко А. А., Кох Е. В. Фитомасса деревьев в конкурентных условиях: исследование системных связей средствами информационных технологий. Екатеринбург: УГЛТУ, 2018. 526 с.
12. Демаков Ю. П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. Йошкар-Ола: ПГТУ. 2018. 432 с.
13. Рогозин М. В. Лесоведение. Модели развития и структура простых древостоев. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2019. 178 с.
14. Верхунов П. М., Черных В. Л. Таксация леса. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. 395 с.
15. Маслаков Е. Л. Формирование сосновых молодняков. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 168 с.
16. Голиков А. М. Эколого-дисимметрический подход в генетике и селекции видов хвойных. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 162 с.
17. Секретенко О. П. Метод анализа пространственной структуры древостоев //

Исследование структуры лесонасаждений. Красноярск: Институт леса и древесины, 1984ю 224 с.

18. Грабарник П. Я., Секretenko О. П. Анализ горизонтальной структуры древостоев методами случайных точечных полей // Сибирский лесной журнал. 2015. №3. С. 32-44.

19. Мирзоян Э. Н. Становление экологических концепций в СССР // Биогеноценология В. Н. Сукачева. М.: ЛЕНАДАД, 2016.

20. Рогозин М. В. Рубки ухода: старые и новые теории // Вестник Пермского ун-та. Серия: Биология. 2015. Вып. 3. С. 207-218.

#### References:

1. Kalinin, K. K. (2011). Lesovodstvo: kurs lektsii. Ioshkar-Ola. (in Russian).
2. Orlov, M. M. (1929). Lesnaya taksatsiya. Moscow. (in Russian).
3. Gavrikov, V. L. (2013). Rost lesa: urovni opisaniya i modelirovaniya. Krasnoyarsk. (in Russian).
4. Grabarnik, P. Ya., Shanin, V. N., Chertov, O. G., Pripulina, I. V., Bykhovets, S. S., Petropavlovskii, B. S., Frolov, P. V., Zubkova, E. V., Shashkov, M. P., & Frolova, G. G. (2019). Modelirovanie dinamiki lesnykh ekosistem kak instrument prognozirovaniya i upravleniya lesami. *Lesovedenie*, (6). 488-500. (in Russian).
5. Rogozin, M. V. (2019). Struktura drevostoev: konkurentsia ili partnerstvo?. Perm. (in Russian).
6. Usol'tsev, V. A. (2013). Produktsionnye pokazateli i konkurentnye otnosheniya derev'ev. Issledovanie zavisimosti. Ekaterinburg. (in Russian).
7. Pravila ukhoda za lesami. Moscow. Prikaz № 626 ot 22.11.2017.
8. Sennov, S. N. (1984). Ukhod za lesom: ekologicheskie osnovy. Moscow. (in Russian).
9. Sennov, S. N. (1999). Itogi 60-letnikh nablyudenii za estestvennoi dinamikoi lesa. St. Petersburg. (in Russian).
10. Chirkov, G. V. (2004). Zakonomernosti formirovaniya drevesnogo otpada v khvoinykh drevostoyakh Leningradskoi oblasti: Avtoref. dis... kand. s.-kh. nauk. St. Petersburg. (in Russian).
11. Usol'tsev, V. A., Chasovskikh, V. P., Akchurina, G. A., Osmirko, A. A., & Kokh, E. V. (2018). Fitomassa derev'ev v konkurentnykh usloviyakh: issledovanie sistemnykh svyazei sredstvami informatsionnykh tekhnologii. Ekaterinburg. (in Russian).
12. Demakov, Yu. P. (2018). Struktura i zakonomernosti razvitiya lesov respublikii Marii El. Ioshkar-Ola. (in Russian).
13. Rogozin, M. V. (2019). Lesovedenie. Modeli razvitiya i struktura prostykh drevostoev. Perm': Perm. (in Russian).
14. Verkhunov, P. M., & Chernykh, V. L. (2007). Taksatsiya lesa. Ioshkar-Ola. (in Russian).
15. Maslakov, E. L. (1984). Formirovanie sosnovykh molodnyakov. Moscow. (in Russian).
16. Golikov, A. M. (2014). Ekologo-disimmetricheskii podkhod v genetike i selektsii vidov khvoinykh. LAP LAMBERT Academic Publishing. (in Russian).
17. Sekretenko, O. P. (1984). Metod analiza prostranstvennoi struktury drevostoev. In *Issledovanie struktury lesonasazhdenii*. Krasnoyarsk. (in Russian).
18. Grabarnik, P. Ya., & Sekretenko, O. P. (2015). Analiz gorizontal'noi struktury drevostoev metodami sluchainykh tochechnykh polei. *Sibirskii lesnoi zhurnal*, (3). 32-44. (in Russian).

19. Mirzoyan, E. N. (2016). Stanovlenie ekologicheskikh kontseptsii v SSSR. In *Biogeotsenologiya V. N. Sukacheva*. Moscow (in Russian).

20. Rogozin, M. V. (2015). Rubki ukhoda: starye i novye teorii. *Vestnik Permskogo un-ta. Seriya: Biologiya*, (3). 207-218. (in Russian).

*Работа поступила  
в редакцию 14.04.2021 г.*

*Принята к публикации  
18.04.2021 г.*

---

*Ссылка для цитирования:*

Рогозин М. В. Конкуренция между деревьями сосны и необходимость рубок ухода // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №5. С. 24-41. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/03>

*Cite as (APA):*

Rogozin, M. (2021). Competition Between Pine trees and Necessity of Thinning. *Bulletin of Science and Practice*, 7(5), 24-41. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/66/03>