

Научная статья

УДК 630*165:630*5(470.53)

EDN NACGSE

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0639-2-67-74>

**Регулируемые человеком факторы при моделировании
выращивания древостоев и лесных культур**

Михаил Владимирович Рогозин, доктор биологических наук, профессор
Пермский государственный аграрно-технологический университет
Пермский край, Пермь, Россия, rog-mikhail@yandex.ru

Аннотация. В результате сплошного картирования деревьев в 55-летних культурах сосны на площади 1,9 га выяснено, что на 24-х пробных площадях их густота в 30 лет детерминировала диаметры деревьев спустя 25 лет на 74 % и естественное изреживание на 22 %. На уровне микроценозов площадь питания 2 тыс. живых и отпавших деревьев повлияла на их диаметры на 1,8 и 9,4 %, при уровнях корреляции $0,134 \pm 0,057$ и $0,307 \pm 0,020$. Вполне очевидно, что при таком слабом влиянии густоты в микроценозах, при уходе за лесом, начиная с 30 лет, густота древостоя уже не является главным фактором в моделях выращивания леса – ее снижение в этом возрасте опаздывает и потому теоретически несостоятельно.

Ключевые слова: древостой, лесные культуры, ход роста, модели ухода, лесные плантации, выращивание леса

Для цитирования: Рогозин М. В. Регулируемые человеком факторы при моделировании выращивания древостоев и лесных культур // Охрана и рациональное использование лесных ресурсов : материалы XIII междунар. конф. (Благовещенск, 26–27 июня 2024 г.). Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2024. С. 67–74.

Original article

**Human-controlled factors in modeling
the cultivation of stands and forest crops**

Mikhail V. Rogozin, Doctor of Biological Sciences, Professor
Perm State Agrarian and Technological University, Perm krai, Perm, Russia
rog-mikhail@yandex.ru

Abstract. As a result of continuous mapping of trees in 55-year-old pine crops on an area of 1.9 hectares, it was found that in 24 test areas their density at 30 years determined tree diameters by 74% after 25 years and natural thinning by 22%. At

the level of microcenoses, the feeding area of 2 thousand living and fallen trees affected their diameters by 1.8 and 9.4%, with correlations of 0.134 ± 0.057 and 0.307 ± 0.020 . It is quite obvious that with such a weak influence of density in microcenoses when caring for forests starting from the age of 30, the density of the stand is no longer the main factor in forest cultivation models – its decrease at this age is late and therefore theoretically untenable.

Keywords: stand, forest crops, growth course, care models, forest plantations, forest cultivation

For citation: Rogozin M. V. Human-controlled factors in modeling the cultivation of stands and forest crops. Proceedings from Protection and rational use of forest resources: XIII Mezhdunarodnaya konferentsiya (Blagoveshchensk, 26–27 iyunya 2024 g.). (PP. 67–74), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2024 (in Russ.).

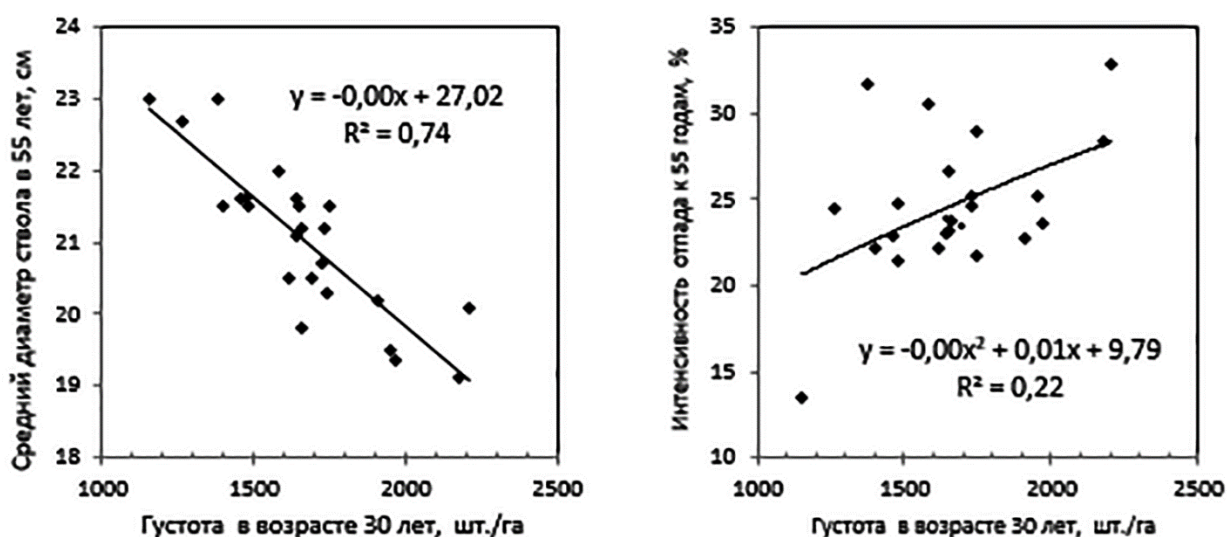
Моделировать систему древостоя как целостного сообщества с учетом среды его обитания означает понять ее структуру, связи элементов и внешних факторов и далее прогнозировать ее развитие с выбором оптимального управленческого решения. Модели даже простых древостоев – это модели сложных экосистем. Обнаружена их связь с активностью Солнца и извержениями вулканов [1], и это планетарные явления. В то же время есть изменяемые человеком факторы, например, начальная густота культур и качество посадочного материала. Важно заметить, что густота действует на двух уровнях: на уровне макро- и микроценоза, и они регулируются на «входе» в модель. Эти уровни различны и в данной статье мы это покажем.

Нами исследованы 55-летние культуры сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), 1Б класса бонитета, созданные посадкой по схеме $1,82 \times 1,10$ м в 1966 г. на раскорчеванной вырубке в лесах ныне Пермского городского лесничества. Почва супесчаная, подстилаемая на 1,6–2,8 м прослойками плотного опесчаненного суглинка на надпойменной террасе р. Кама. Координаты составляют $N58^{\circ}02'13''$; $E56^{\circ}00'18''$. На основе более раннего изучения написана монография о конкуренции деревьев с описанием методики картирования деревьев в программе «ArcMap 10» [2].

Всего за 2 года на карту нанесли около 2 тыс. деревьев на площади 1,9 га.

Близко расположенные деревья наносили на план с точностью $\pm 3\text{--}5$ см относительно друг друга, а дальние (более 3–4 м) с точностью $\pm 10\text{--}15$ см. Столь обширный материал с картированием структуры древостоев на 24-х пробных площадях впервые позволил с высокой точностью рассчитать влияние фактора густоты на размеры деревьев по трендам на точечных диаграммах.

В результате удалось выяснить, что в этих культурах их ретрогустота в возрасте около 30 лет (1 153–2 207 дер./га) детерминировала диаметры деревьев спустя 25 лет с силой 74 % и повлияла на естественное изреживание на 22 %. Это было влияние *на уровне древостоя*, и его можно считать очень сильным, даже несмотря на небольшие колебания ретрогустоты (в 1,9 раза) в этом достаточно однородном по почвенным условиям насаждении (рис. 1).

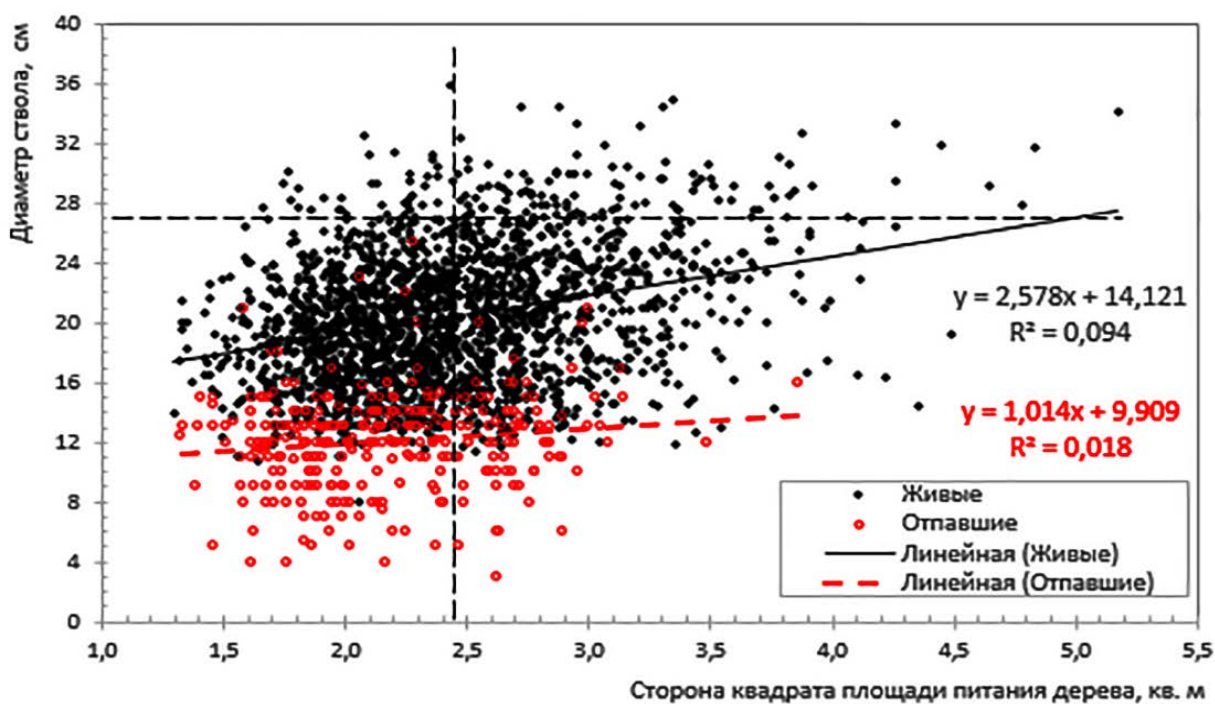


**Рисунок 1 – Влияние ретрогустоты в возрасте 30 лет
на средний диаметр ствола деревьев (слева)
и на естественное изреживание насаждений в возрасте 55 лет (справа)**

На уровне *микроценоза* рассчитывали обратную густоте величину – площадь питания деревьев (ППД). На диаметры отпавших и живых деревьев как фактор она повлияла лишь на 1,8 и на 9,4 %, при соответствующих этим влияниям уровнях корреляции $0,134 \pm 0,057$ и $0,307 \pm 0,020$ (рис. 2).

Сравнивая полученное влияние фактора густоты на уровне древостоя (74 %) и микроценоза (9,4 %), отмечаем резкое ослабление ее влияния на размер живых

деревьев на индивидуальном уровне. Можно сказать и так: общее сильное влияние густоты в целостном сообществе «рассыпается» на множество слабых и частных взаимодействий деревьев. И в этих взаимодействиях возникает совершенно удивительное явление – сотрудничество деревьев, обнаруженное в лесах Урала В. М. Горячевым [3], который выяснил, что пик прироста в течение вегетации совпадал только у растущих в отдалении деревьев, тогда как в биогруппах пики прироста были разнесены на 1–2 недели; в результате деревья-соседи разделяли экологическую нишу *по времени отбора элементов питания*. Поэтому они могли комфортно сосуществовать в густых биогруппах. Данная работа В. М. Горячева существенно дополнила концепцию фитоценоза В. Н. Сукачева [4] как «сообщества растений, организованных борьбой за существование». Она важна для понимания того, что деревья объединяет не только «борьба», но и сотрудничество, которое в наших средневозрастных культурах оказалось даже выше их конкуренции [2].



вертикальный пунктир – среднее значение; горизонтальный –
превышение среднего значения диаметра на 30 %

**Рисунок 2 – Влияние питания дерева в возрасте 30 лет
на диаметр ствола в возрасте 55 лет**

На рисунке 2 важно отметить поведение так называемых «плюсовых» деревьев, имеющих превышение диаметра на 30 % и более (выше пунктирной линии). Среднее значение стороны площади питания у них 2,85 м, что в 1,18 раза больше, чем у остальных деревьев (2,39 м), а если считать по площади их питания, то в 1,4 раза. Средний диаметр у них 28,7 см и превышает таковой у остальных (19,5 см) в 1,47 раза, а объемы стволов выше в 2,2 раза. Если соотнести эти превышения, то эффект увеличения объемов стволов у плюс-деревьев (2,2 раза) оказывается намного больше, чем ресурсов питания (1,4 раза). В то же время из 160 таких плюс-деревьев 26 % растут при питании менее среднего (левый верхний сектор). Поэтому можно полагать, что они достигли выдающихся размеров благодаря своим наследственным задаткам, и площадь питания здесь не причем. Это совпадает с оценкой селекционеров о влиянии генотипа дерева на его рост примерно на 30 % [5].

Кроме того, имитация выборки, состоящей из 94 отдельных деревьев с ППД в 2,1 раза выше средней в возрасте 30 лет, показала, что в ней через 25 лет все равно погибли 9,6 % деревьев [2, С. 83]. И этот факт хорошо согласуется с данными С. Н. Сеннова [6] о том, что несмотря на сильные прореживания в 40-летних древостоях, деревья после них к возрасту спелости погибали точно также, как и в контроле.

Вполне очевидно, что при таком слабом влиянии густоты в микроценозах, при уходе за лесом, начиная примерно с 30 лет, густота уже не является главным фактором регуляции в моделях выращивания леса – ее снижение в этом возрасте будет запоздалым и поэтому теоретически несостоятельным. Но если ее проводить в 10–15 лет, то древостой будет развиваться по наиболее продуктивным моделям. В таких моделях, кроме действия закона естественного изреживания, учитываются еще 5 законов развития древостоев [7]. Законы эти вполне объясняют слабое влияние густоты на размеры и отпад деревьев в сред-

нем возрасте, однако существующие Правила ухода за лесом их пока совершенно не учитывают.

В последние годы разрабатывается «имитационное» моделирование роста древостоев, однако в теоретическом обосновании для такого рода моделей недостает учета целого ряда биологических законов, ставших известными в последние 10 лет, а также использования зависимых переменных величин, возникающих только в процессе роста деревьев, и их нельзя использовать как факторы «на входе» в модель [8].

Выше мы показали, что генотип влияет на рост дерева примерно на 30 %, то есть в три раза сильнее, чем ППД, поэтому и вклад наследственно улучшенного материала в прирост лесных плантаций будет выше. Вместе с тем, если суммировать влияние ППД (9,4 %) и генотипа дерева (примерно 30 %), то при прочих равных условиях (почва, увлажнение и др.) остаются неизвестными еще 60 % факторов. Среди них, как мы предполагаем, действует фактор геоактивных зон и их взаимодействия с генотипом. Как следствие, образуются места с крупными деревьями, где, по некоторым сведениям, в почве электрический ток в 2 раза выше, а там, где таких зон нет, нет и деревьев-лидеров; существуют и патогенные зоны, вызывающие отпад деревьев в 90,7 % случаев. Эти результаты необычны, получены впервые и указывают на важность изучения *энергетических факторов* в точках роста деревьев; они могут быть использованы в лесной селекции при изучении корреляций между показателями этой новой для изучения среды и ростом потомства таких деревьев, которые мы зафиксировали в потомстве сосны в возрасте от 3 лет и заканчивая 18-летним возрастом [9].

Заключение. Таким образом, при моделировании развития продуктивных древостоев и лесных культур в качестве теоретической основы для уровня *отдельного дерева* следует учитывать совокупное действие в общей сложности шести законов, действующих в лесной экосистеме. Необходимо понимать,

что в однородных условиях они захватывают пока только 40 % известных факторов, влияющих на индивидуальный рост дерева.

Действие остальных 60 % факторов гипотетически связано с действием глубинных энергий Земли (геоактивных зон). *На уровне древостоя* (как целостного сообщества) в моделях его развития следует учитывать начальную густоту в возрасте около 10–20 лет, которая как фактор в условиях 1Б класса бонитета даже при небольших различиях влияет на размеры деревьев в среднем возрасте с силой 74 %; на естественное изреживание начальная густота влияет на 22 %.

Список источников

1. Демаков Ю. П. Влияние факторов среды на рост деревьев в сосняках Республики Марий Эл. Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2023. 480 с.
2. Рогозин М. В. Культуры сосны обыкновенной. Конкуренция, площади питания и отпад деревьев. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2022. 174 с.
3. Горячев В. М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южно-таежных лесах Урала // Экология. 1999. № 1. С. 9–19.
4. Сукачев В. Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // Сообщения института леса. 1953. Вып. 1. С. 5–44.
5. Тараканов В. В., Демиденко В. П., Ишутин Я. Н., Бушков Н. Т. Селекционное семеноводство сосны обыкновенной в Сибири. Новосибирск : Наука, 2001. 230 с.
6. Сеннов С. Н. Уход за лесом: экологические основы. М. : Лесная промышленность, 1984. 127 с.
7. Рогозин М. В. Лесоведение. Модели развития и структура простых древостоев : учебное пособие. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2019. 178 с.
8. Рогозин М. В. Рубки ухода и потепление климата: ошибки в моделях природных систем // Экологическая безопасность в условиях антропогенной трансформации природной среды : материалы всерос. науч. конф. Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. С. 670–674.
9. Рогозин М. В. Патогенные сети и естественное изреживание древостоев //

References

1. Demakov Yu. P. *The influence of environmental factors on the growth of trees in the pine forests of the Republic of Mari El*, Yoshkar-Ola, Povolzhskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet, 2023, 480 p. (in Russ.).
2. Rogozin M. V. *Cultures of scots pine. Competition, food areas and tree fall*, Perm, Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2022, 174 p. (in Russ.).
3. Goryachev V. M. The influence of spatial placement of trees in a community on the formation of an annual layer of coniferous wood in the southern taiga forests of the Urals. *Ekologiya*, 1999;1:9–19 (in Russ.).
4. Sukachev V. N. On intraspecific and interspecific relationships among plants. *Soobshcheniya instituta lesa*, 1953;1:5–44 (in Russ.).
5. Tarakanov V. V., Demidenko V. P., Ishutin Ya. N., Bushkov N. T. *Selective seed production of Scots pine in Siberia*, Novosibirsk, Nauka, 2001, 230 p. (in Russ.).
6. Sennov S. N. *Forest care: ecological foundations*, Moscow, Lesnaya promyshlennost', 1984, 127 p. (in Russ.).
7. Rogozin M. V. *Forest science. Development models and structure of simple stands: a textbook*, Perm, Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2019, 178 p. (in Russ.).
8. Rogozin M. V. Logging and climate warming: errors in models of natural systems. Proceedings from Environmental safety in conditions of anthropogenic transformation of the natural environment: *Vserossiiskaya nauchnaya konferentsiya*. (PP. 670–674), Perm, Permskii gosudarstvennyi natsional'nyi issledovatel'skii universitet, 2023 (in Russ.).
9. Rogozin M. V. Pathogenic networks and natural thinning of stands. *Byulleten' nauki i praktiki*, 2023;9;12:117–134 (in Russ.).

© Рогозин М. В., 2024

Статья поступила в редакцию 08.05.2024; одобрена после рецензирования 22.05.2024; принята к публикации 20.08.2024.

The article was submitted 08.05.2024; approved after reviewing 22.05.2024; accepted for publication 20.08.2024.