

УДК 581.9: 630*232.1: 630*165
AGRIS F40

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/87/05>

НУЖНА ЛИ ОБЛАСТЬ ДОМИНИРОВАНИЯ В ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЯХ РОСТА ДРЕВОСТОЕВ?

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

IS THE DOMAIN OF TREE DOMINANCE NEEDED IN SIMULATION MODELS?

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

Аннотация. Проанализированы методические аспекты моделей древостоев в работах А. Н. Борисова и В. В. Иванова (далее Авторы). Рассмотрены «область доминирования» и «оптимальные» деревья с наилучшим соотношением их размеров и полигонов питания. Выяснено, что для них были использованы зависимые переменные величины, что не позволяет создавать из них адекватную имитационную модель. Однако Авторы все же создают ее в абстрактном виде, размещая деревья по площади без окон, чего в реальных лесах не бывает. Затем ее сравнивают с другой абстракцией — статичными состояниями древостоев полнотой 1,0. Далее по выводам из работ других авторов конструируется еще одна абстракция — таблица «оптимальных» полнот, где в древостоях 50–120 лет с целью увеличения фитомассы крон рекомендуется поддерживать рубками ухода полноту 0,85–0,73. Для верификации этой модели Авторы использовали прирост по радиусу ствола. Однако он не отражает увеличение запаса на всей территории, где при рубке появляются технологические коридоры без деревьев, занимающие 15% площади. В качестве примера объективного подхода обсуждаются работы В. А. Усольцева и М. В. Рогозина. В последней установлено, что площади питания в возрасте 30 лет влияют на диаметр дерева в 55 лет лишь на $9,4 \pm 0,2\%$. Поэтому «области доминирования» привели критикуемых Авторы к созданию моделей, за пределами которых осталось 90% влияния неучтенных факторов. С точки зрения теории рубок ухода Авторы использовали сомнительные научные методы, о которых еще в 1970 гг. предупреждали ведущие лесоводы. Рассмотренные варианты моделей на основе заимствованных из зоологии «областей доминирования» были, по-видимому, последними попытками создания чисто конкурентных моделей — в лесоводстве наступила эпоха смены парадигмы, когда в дополнение к закону естественного изреживания вводится еще пять законов развития древостоев.

Abstract. The methodological aspects of modeling the growth of stands in the works of A. N. Borisov and V. V. Ivanov (hereinafter the Authors) are analyzed. The indicator “area of dominance” and models of “optimal” trees with the best size ratio and proportional feeding polygons are considered. It was found out that dependent variables were used in them, which does not allow them to be used in adequate simulation models. However, the Authors still create from them a kind of abstract model of a stand with a quasi-uniform placement of trees, where there are no windows and clusters of trees, which does not happen in reality. Then the model is compared with another abstraction – static states of stands with a completeness of 1.0. Next, a table is constructed—a model of “optimal” completeness according to the conclusions of other authors, according to which, in

stands of 50-120 years, it is recommended to maintain a completeness of 0.6–0.7 by thinning to increase of phytomass of crowns. To verify the model, the Authors use an increase in the radius of the trunk. However, such an increase does not reflect an increase in the stock over the entire area, where technological corridors appear during care cutting, which are also not taken into account in the models. As an example of a more objective approach, the works of V. A. Usoltsev and M. V. Rogozin. In the latest work, it was found that the feeding areas at the age of 30 years affect the diameter of the tree at 55 years only by $9.4 \pm 0.2\%$. Therefore, “areas of dominance” will lead to the creation of models beyond which 90% of the influence of other factors will remain. From the point of view of the theory of logging, the authors used dubious scientific methods, which were warned about by leading foresters back in the 1970s. The considered variants of imitation models of the growth of stands and models of care based on “areas of dominance” borrowed from zoology were, apparently, the last attempts of this kind - the era of discussion of five new laws of the development of stands and the period of changing scientific paradigms has come in forestry.

Ключевые слова: структура древостоя, конкуренция между растениями, сотрудничество, таблицы хода роста, имитационные модели.

Keywords: stand structure, plant competition, cooperation, growth progress tables, simulation models.

Введение

В настоящее время развиваются исследования роста древостоев с использованием многофакторных моделей [1, 2] с анализом внешних и внутренних факторов [3, 4] и взаимодействием деревьев в микроценозах [5-9]. Также развивается имитационное моделирование, т.е. разработка модели какой-либо системы в виде программы и проведение в ней разного рода манипуляций вместо экспериментов с реальной системой. Моделирование является поиском решения задачи в защищенном от рисков мире моделей, в котором мы можем ошибаться, отменять операции, возвращаться в прошлое и начинать все сначала [10]. Это могут быть объекты в целом или их отдельные сущности – процессы и явления [11].

К ряду работ у нас возникли вопросы о степени доверия к их прогнозам касательно развития древостоев после рубок ухода; в них вместо реальной проверки рекомендаций по уходу предлагается использовать имитационные модели [12, 13]. Такие модели чаще всего используются при моделировании сложных систем. Вместе с тем модель представляет собой упрощенное отображение реальности – менее детальное и менее сложное воспроизведение реально существующего объекта или процесса [14].

Однако вместо поиска новых закономерностей с тем, чтобы включить их в модель и сделать ее более адекватной, исследователи иногда идут старыми путями, ссылаясь на то, что модель можно упростить и включают в ее сценарий воздействие только на один из процессов — на процесс конкуренции между деревьями. Как ни странно, но исследователи рубок ухода, исключая З. Я. Нагимова и В. А. Усольцева [15, 16], даже не пытались оценить конкуренцию количественно, считая ее почти единственным фактором в фитоценозе, значимо влияющим на рост деревьев. В последней статье на эту тему [12] оценку развития древостоя упростили вообще до одной лишь реакции модельных деревьев в виде изменений прироста по радиусу спустя 20 лет после рубок, а теоретические положения сводились исключительно к тому, что деревья *должны* повышать прирост при увеличении площадей их питания. Заметим, что это теоретическое положение — до сих пор *рабочая гипотеза*, и ее надо доказывать на реальных примерах, тогда как для имитационной модели почему-то делают послабление, и суммация

деревьев с некоторой оптимальной «областью доминирования» на абстрактной площади с плотно подогнанными полигонами питания дает ожидаемо высокий запас древесины [12].

Однако реальный древостой не будет защищен от рисков так, как это происходит в имитационной модели, например, от появления окон, прогалин и особенно технологических коридоров при проведении рубок ухода, которые изымают до 15% живых деревьев. Имитационные модели таких рубок абстрактны, и в ряде работ было показано [7, 13], что увеличение продуктивности древостоев после них в реальности не происходит.

Между тем важно отметить, что уже более 30 лет, как в древостоях доказано наличие противоположного конкуренции процесса — *процесса сотрудничества* деревьев. Так, в исследованиях В. М. Горячева [17] деревья в биогруппах разносят на 1–2 недели пики своего прироста по диаметру, тем самым распределяя между собой время изъятия минеральных ресурсов питания из почвы и резко снижая конкуренцию в экологической нише. Но Авторы это исключительно важное для развития древостоя явление не принимают во внимание совершенно. В результате конструируется однобокая конкурентная модель. В такой усеченной имитационной модели деревья *не имеют права* сотрудничать, в том числе образовывать биогруппы, факт существования которых Авторы не обсуждают, как будто их не бывает совсем. Между тем в молодняках [18], в среднем возрасте [19, 20] и в спелых насаждениях [7, 9] в таких биогруппах растут 40–57% деревьев. То есть биогруппы появляются не случайно, влияют на развитие до половины деревьев и должны учитываться в имитационных моделях роста древостоев как неизбежный атрибут. Но этого в предлагаемых моделях нет.

Цель исследования: критический анализ методической основы ряда научных работ, где конкуренцию деревьев предлагается оценивать с помощью введения в научный оборот терминов «доступный ресурс» и «область доминирования», заимствованных из зоологии.

Объекты и методика работ

В качестве объектов для анализа использованы работы А. Н. Борисова и В.В. Иванова [12, 22, 23], З. Я. Нагимова [15, 21] и работы с противоположными взглядами [9, 17, 24, 25]. По ним проведено сравнение ряда принципиальных положений в развитии древостоев, конкуренции между деревьями, ухода за ними и имитационном моделировании этих процессов. Рассмотрены методика исследований и методика моделирования в критикуемых работах в сравнении с другими методиками [15, 21, 26], а также рекомендации для практики. Методика работ — логический анализ и сравнение исходных материалов, теоретических положений, методов анализа, выводов и рекомендаций у разных авторов.

Анализ материалов

В статье А. Н. Борисова и В. В. Иванова (далее Авторы) с названием «Имитационное моделирование роста сосновых древостоев» [12], которая поступила в редакцию Сибирского лесного журнала 08.02.2022 г., мы начнем с обзора литературы. Сразу укажем, что он устарел, так как из 23-х только 4 работы опубликованы в последние 10 лет. При этом упущена целая монография [26], в которой есть ссылки на три статьи [27–29] по вопросам моделирования роста древостоев. Затем было еще пять статей [30–34] и монография [9]. Итого десять (!) источников по вопросам, которые изучают Авторы, и ни одна не была упомянута в статье [12], как бы завершающей цикл работ с новыми подходами в изучении роста древостоев. Согласимся, что «не заметить» такое число новых работ на интересующую тему невозможно, тем более что шесть из них были опубликованы в лесных журналах. Из такого их умолчания следует, что Авторы намеренно отбрасывают экспериментальные факты тех авторов, которые не укладываются в рамки их теоретических представлений, связанных с введением понятий

«доступный ресурс» и «область доминирования». Но тогда надо было бы как-то объяснить читателям, почему «все старое долой, работаем по-новому». Вероятно, это именно тот случай, когда красота терминов очаровывает и авторов, и рецензентов, и читателей. И бдительность притупляется. Но разберем все по порядку.

Информационный след этих терминов начинается с 2013 г. от статьи «Метод оценки распределения ресурса между деревьями в древостое» [22]. На следующий год в журнале «Лесоведение» вышла еще одна статья [23]. В ней «...предложен метод оценки распределения ресурса между особями и сообществами в экологической нише. Метод основан на выделении областей доминирования (ОД), в которых каждая особь или сообщество оказывают доминирующее влияние...». В статье приводится динамика колоний узкочерепной полевки (конкурентных отношений среди грызунов) и схема горизонтальной структуры соснового древостоя. Авторы утверждают, что «...метод дает адекватную оценку распределения ресурса между особями и сообществами, тогда как методы Штера, Вайе и др., основанные на определении площадей роста, дают систематическое завышение для особей малых размеров и занижение — для крупных особей. Оценки ... на основе ОД таких расхождений не дают».

То есть Авторы утверждают, что их метод точнее и лучше, чем все прежние методы. Но мы попытаемся доказать, что это не так. В статье [23] Авторы приводят диаграммы с несколькими сотнями деревьев в возрасте 36 лет, показывающие:

- а) связь площадей роста по Штеру с диаметром ствола при $R^2 = 0,52$;
- б) связь областей доминирования с диаметром ствола при $R^2 = 0,79$.

На основе этих фактов Авторы начали утверждать, что «...выявлена тесная зависимость диаметра ствола деревьев от площади их ОД при $R^2 = 0,79$ ». Получается, *факт связи* Авторы превратили в *зависимость* диаметра ствола от площади ОД, а далее, из этой зависимости, появляется рекомендация для практики о том, что площадь питания дерева (область доминирования) надо непременно увеличивать рубками ухода. Казалось бы, все верно. Но здесь произошла подмена нейтрального термина «связь» на термин «зависимость» (с подчинением одного признака другому). Сознательно или неосознанно заменяя слова, Авторы попадают в некую семантическую ловушку, вовлекая в нее также и читателей.

Однако термины эти разные. *Связь* – это взаимозависимость или механическая соединенность объектов; *зависимость* – изменения одной величины, определяемые через изменение других, независимых переменных (в нашем случае ими *должны быть* площади ОД); *влияние* – воздействие на объект и приводящее к изменению его свойств. И тут возникает естественный вопрос, является ли ОД *независимой переменной величиной*? Если является, то изменение ОД будет влиять на изменение диаметра дерева как фактор. Ну а если ОД – зависимая переменная величина, что тогда?

Чтобы разобраться, используем работу «Площадь питания дерева: анализ методов» [33]. В ней сказано, что площадями роста ранее детально занимался З. Я. Нагимов (на которого как раз и ссылаются Авторы), поэтому рассмотрим его работу [15], где сравнивались 4 метода: измерение расстояний между деревьями, полигоны роста по Брауну (с простым делением расстояний между соседями), полигоны по Штеру (с делением расстояний между соседями пропорционально размерам крон их или диаметрам), выборочные круговые площадки и их варианты, включая метод Вейе. Итоги были подведены в докторской диссертации [21] и они показали, что при методе простых полигонов по Брауну были нередки «абсурдные результаты», когда площади питания деревьев 4 и 5 классов Крафта оказывались больше, чем у крупных деревьев. Также отмечалось, что в основе большинства методов лежит предположение о том, что чем больше размеры деревьев, тем больше *должны быть* (курсив наш) их площади питания. Семь вариантов этих методов З. Я. Нагимов сравнивал при оценке

уровня связей площади питания с приростом дерева за 5 лет на четырех участках; выдвигалось положение, что чем выше эта связь, тем точнее и лучше метод [21].

Заметим, что последнее положение сразу уводит оценки в пользу *зависимых переменных величин* (пропорциональных полигонов), которые уже не могут быть факторами. Кроме того, прирост по радиусу всегда связан с размером дерева и сильнее всего с диаметром, а из пропорциональных полигонов чисто математически (по методике их выстраивания) прямо следует увеличение полигонов вокруг крупных деревьев и уменьшение у мелких. Поэтому априорно связи площади питания с приростом будут малы в методе Брауна и всегда будут выше в методах с полигонами пропорционального типа. Именно этот результат и получился у З. Я. Нагимова [21, с. 305].

Из такого построения полигонов питания следует, что если дерево крупное, то оно «оттягивает» на себя большую площадь питания, т.е. захватывает ее и доминирует на ней. Это метод Штера. Но в более простом методе Брауна этого нет, и если площадь питания крупного дерева оказывается меньше, чем у мелкого, то такой результат представляется «абсурдным» только в случае принятия конкуренции в качестве главного процесса, красной нитью идущего через всю жизнь деревьев в насаждении, т.е. вполне в духе концепции фитоценоза В. Н. Сукачева [35] и учения Ч. Дарвина, которое биологи никак не могут преодолеть и долго топчутся на месте в теоретическом плане [36, 37]. Тогда, с этих старых позиций, захват деревом среды обитания вполне логичен и происходит, по А. Н. Борисову, точно также, как и между поселениями грызунов в их колониях; в одной из работ он приводит карту с местами их поселения, а рядом показывает карту с такими же областями доминирования у деревьев – получается вполне подходящая аналогия [23].

В моделях роста насаждений как регуляторы и вводные величины необходимо всегда использовать *независимые переменные величины*, называемые обычно факторами: это возраст, лесорастительная зона, тип условий местопроизрастания, крутизна и ориентация склона, количество осадков, сумма эффективных температур и проч. Площадь питания дерева по Брауну также относится к их числу и является величиной, обратной густоте ценоза и давно используется в таксации как фактор, идентичный густоте древостоя.

Однако пропорциональная размерам деревьев площадь питания по Штеру, и тем более «область доминирования» прямо зависят от размера центрального дерева; причем А. Н. Борисову удалось усилить эту зависимость в 1,5 раза до $R^2=0,79$ благодаря введению коэффициентов и новых способов построения полигонов питания. Поэтому площади ОД по А. Н. Борисову – это зависимые переменные величины, и как указывалось еще на заре лесного моделирования Н. Н. Сваловым [38], они не могут использоваться как факторы, влияющие на ход роста древостоев. Следовательно, они будут математически не корректны как регуляторы и в имитационных моделях.

Почему же столь явные заблуждения оказались возможны, причем их невольной жертвой стали не только Авторы, но и целые научные коллективы, отстаивающие только конкурентный тип взаимодействия деревьев как единственно возможный. Напомним, что мы уже говорили о знаковой статье В. М. Горячева [17] и о партнерстве деревьев – явлении, которое совершенно не учитывается в конкурентно-ориентированных моделях.

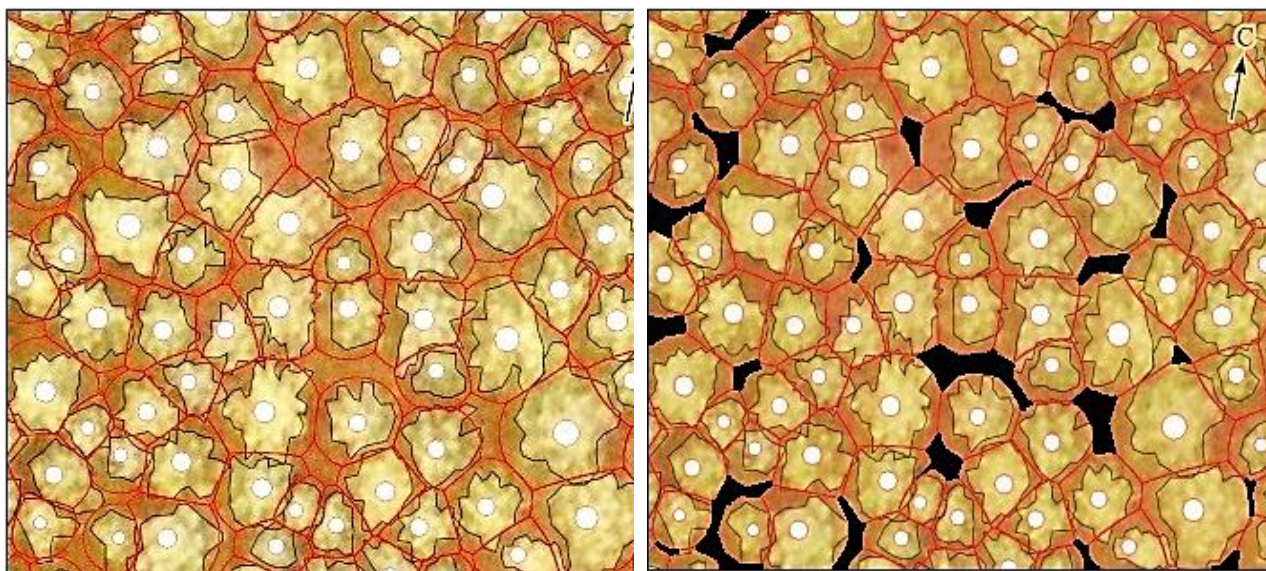
Вероятно, дело еще и в том, что многие исследователи используют слова «связь» и «зависимость» как близкие по смыслу и даже равнозначные, и выявленные связи «вдруг» превращаются во влияния первого признака на второй, о чем мы говорили выше. Например, найдена связь прироста дерева с диаметром кроны $R^2 = 0,70$. Это сильная связь, но зависит ли прирост от диаметра кроны? Безусловно, они связаны, но прирост *зависит физиологически* только от работы фотосинтезирующего аппарата, который *связан* с объемом листьев на дереве

и с диаметром кроны. В свою очередь, диаметр кроны связан с диаметром ствола. Все эти переменные величины отражают рост дерева, и они *взаимосвязаны*, как бывают связаны части целого, как части общей фитомассы дерева, и связи эти высокие. Поэтому для описания этих связей *нельзя использовать* термин «зависимость», *смысл которого — подчинение*. Рост дерева *зависит* совсем от другой переменной – от объема листьев дерева, а также косвенно от объема кроны, по которой давно оценивают жизненную силу деревьев по классам Крафта.

Почему приходится разъяснять эти азы? Да потому, что невнимательное отношение к терминам приводит к логическим ошибкам в научных работах. Вероятно, на подобного рода заблуждения повлиял и авторитет первых исследователей площади роста дерева с их, казалось бы, убедительной логикой, где как раз и произошла по недоразумению подобная замена этих строгих терминов [5, 39].

Однако вернемся к статье [12]. В ней о методике работ Авторы сообщают следующее. «Обычно оценку доступного ресурса дают по площади роста. ...У этого метода и аналогичных ему есть ряд недостатков. Во-первых, на полигоны разбивается вся территория, когда даже прогалины могут быть отнесены к площади роста дерева. Во-вторых, при разделении зон влияния между деревьями ...меньшее дерево ...отчуждает от большего непропорционально большой фрагмент площади роста. ...В настоящей работе в качестве оценки количества доступного ресурса используется площадь области доминирования. Метод областей доминирования свободен от указанных выше недостатков. В области доминирования особь оказывает доминирующее влияние. ...При этом предполагается, что оно прямо пропорционально размеру особи и обратно пропорционально квадрату расстояния от нее».

Исходя из этих соображений, при разработке имитационной модели было выдвинуто положение: исключить из расчетов ОД прогалины. За легитимацией этого исключения Авторы как раз и обращались к работе З. Я. Нагимова [15], где такое исключение выдвигалось как одно из условий действия имитационной модели роста древостоя; однако Авторы пошли еще дальше и исключали из областей доминирования даже части небольших окон (Рисунок).



— 1 — 2 ○ 3

1 – контуры крон; 2 – границы областей доминирования
3 – положение стволов деревьев.

Рисунок. Вид на древостой сверху (слева) по данным Авторов и выделение черным цветом «недоступного» ресурса на том же рисунке (справа) [12]

На этом рисунке среди проекций крон 68 деревьев нераспределенная площадь окон была выделена черным цветом, но уже нами, как критиками метода, и составила примерно 6–7 %. Следуя логике Авторов о «доступном ресурсе», это места с «недоступным ресурсом», где кроне и корням дерева расти за границей ОД и использовать ресурсы питания отказано. То есть такое распределение ресурсов питания с изъятием части площади окон выдвигается как некий постулат (утверждение, принимаемое без доказательств). Однако оно не имеет места в реальности, так как корни всегда простираются далеко за проекцию кроны дерева. Более того, корни деревьев даже срastaются, и доля таких сростшихся корнями деревьев у сосны в одном из исследований достигала 60 %, и это далеко не единственное свидетельство кооперации деревьев [25, 41]. То есть в своей модели-имитации Авторы априори отвергают возможность использования деревьями ресурсов питания за пределами ОД и конструируют модель с учетом лишь световой конкуренции. Но тогда надо было доказать, что конкуренция за свет является наиболее сильным из множества факторов; однако Авторы этого не сделали, и долю ее влияния на ростовые показатели дерева не обозначили (хотя в работе З. Я. Нагимова [21] такие данные имелись, и связь площади питания с размером дерева приближалась к 0,30). Впрочем, предлагаемый Авторами метод как раз и преследовал цель усилить эту связь путем использования *зависимых переменных* в виде «областей доминирования».

Но это еще не все ограничения, вводимые Авторами в их модели. В них вводятся еще четыре (!) абстрактных понятия и соответствующие им показатели. Перечислим их.

Абстракция 1. Авторы в качестве теоретического контроля (т.е. контроля абстрактного) используют ряды данных о росте древостоев из справочника А.З. Швиденко с соавторами [41], называемых обычно таблицами хода роста (ТХР), прекрасно зная об их недостатках. Напомним, что эти ТХР не отражают рост реальных древостоев, так как ряды «динамики» таксационных показателей в них *статичны изначально* по способу их составления на основе одномоментного нахождения в натуре близких к полноте 1,0 древостоев по классам возраста. Собирая их выравненные значения в ряд по мере увеличения возраста, получалась как бы «динамика» их роста [26–28]. В реальности такого роста у древостоев не существует, и об этом осторожно упоминал еще 50 лет назад В. В. Кузьмичев [42], хотя в последней своей работе [43] он так и не смог объединить в одно целое (в модели роста) множество закономерностей роста древостоев – динамику густоты, высот, диаметров, полноты и проч., которые так и остались *частями модели древостоя (закономерностями)*, причем он использовал всегда термин «динамика» (простое изменение показателей во времени) даже в случае, если были признаки качественных изменений, т.е. имело место развитие древостоя.

Абстракции 2 и 3. Для их обоснования Авторы пишут следующее «...ход роста нормального древостоя рассматривается как пример некоторого абстрактного древостоя, и используется для сравнения с ним динамики роста модельных рядов». То есть Авторы берут из таблиц хода роста показатели статичных состояний древостоев с полнотой 1,0. Сразу заметим, что «динамика роста модельных рядов» – это вообще что-то новое и неизвестное таксаторам, общий смысл которого непонятен. Понятно одно – это не рост древостоя; это ряды из абстрактных показателей, отражающих некий «рост модели». Затем абстрагирование своей модели Авторы усиливают дальше: «...в этом же ключе рассматривается модельный вариант 2, в котором подразумевается, что постоянно поддерживается густота, обеспечивающая $S_{од}$ (площадь области доминирования) в размере 30 % от площади свободного роста дерева» (еще одна вводимая абстракция, уже третья). Получается, что Авторы по аналогии со статичными ТХР создают некую *модель статичных состояний древостоя* (но не модель роста) на основе абстрактной густоты, рассчитываемой через площадь свободного роста дерева и равной 30 % от нее. То есть буквально на наших глазах на основе двух предыдущих абстракций рождается

абстракция третья, и рождается, заметим, по тем же технологиям, которые применялись при разработке статичных ТХР в 1980-е годы. Только там находили древостои с полнотой 1,0 и выравнивали их показатели на графиках, а здесь использована густота, для расчета которой брали оптимальную для каждого возраста $S_{од}$ и рассчитывали по ней густоту на 1 га. Проще говоря, абстрактно «раздвигали» и размещали деревья так, чтобы вся площадь была занята только оптимальными «областями доминирования». Поразительно, но эта абстракция очень напоминает старую добрую доктрину равномерного размещения деревьев! И она настолько старая, что о ней стали забывать. Ну что же, напомним, что развенчал ее признанный авторитет по рубкам ухода С. Н. Сеннов в своем учебнике для студентов ВУЗов в 2005 г., где он отметил, что немецкие лесоводы еще 100 лет назад убедились в невозможности ее реализации на практике. Мы же в своей книге [9, с. 169] закрепили этот вывод, опираясь на собственные данные и данные других ученых, в виде «Закона неравномерного размещения деревьев». Заметим, что мы не говорим здесь ничего нового, а только объясняем сложные операции по абстрактному моделированию структуры древостоев более простыми словами.

Абстракция 4. Введение в имитационную модель самого важного показателя – площади области доминирования ($S_{од}$) – Авторы обосновали следующим образом. Для моделирования были взяты $S_{од}$, равные 30 % от площади свободного роста. В этом случае «...деревья имеют хорошо развитую крону и устойчивый рост». Иными словами, в имитационной модели все деревья *внезапно получают* некую оптимальную $S_{од}$ и начинают работать как автоматы, давая прирост в соответствии со значениями прироста для оптимальной $S_{од}$ – прироста, взятого с реальной линии тренда, и это единственные фактические данные. Но самое поразительное мы обнаружили в предыдущей работе Авторы [44], где для сосняков в специальной таблице в качестве оптимальных приводятся полноты от 0,99 в 20 лет с их снижением до 0,73 в 120 лет. Приведем текст, обосновывающий введение этой таблицы, с сохранением орфографии: «...при снижении полноты средневозрастных и спелых насаждений соответственно до 0,71–0,75 и 0,65–0,67 будет обеспечиваться максимальное накопление фитомассы крон (Нагимов, 2000). С другой стороны, по данным Н. П. Гординой (1991) при снижении полноты до 0,58–0,61 в средневозрастных сосняках наблюдается максимальное накопление фитомассы крон, а в приспевающих, спелых и перестойных это происходит при полноте 0,60–0,63. С увеличением $S_{од}$ прирост деревьев по объему вначале возрастает и достигает максимума при ее определенной величине. При дальнейшем возрастании $S_{од}$ прирост по объему ствола остается на одном и том же уровне или даже снижается за счет разрастания крон. Такие же тенденции при увеличении площадей роста отмечены и в работе В. В. Кузьмичева (2013)».

Эта четвертая по счету абстракция рождается из работ З. Я. Нагимова [21], Н. П. Гординой [45] и В. В. Кузьмичева [42], и столь длинная цитата была нужна для того, чтобы понять одну простую мысль — у Авторы нет образца для моделирования в виде естественного ряда из древостоев в возрасте от 20 до 120 лет, и они конструируют таблицу-модель из полнот, опираясь на выводы других исследователей. Самое важное, что из этой таблицы-абстракции вытекает рекомендация поддерживать в древостоях старше 50 лет полноту 0,6–0,7, необходимую, по мнению Авторы, для получения высоких приростов.

Противоречивость подобных рекомендаций на основе одной полноты отмечалась еще в 1970-е годы рядом лесоводов. Вот что писал в статье «К теории рубок ухода» С.Н. Сеннов [48, с. 122]: «При исследованиях, основанных на однократном измерении, определяется текущий прирост множества различных древостоев. Результаты группируются по типам леса, составу, возрасту и полноте. Затем рассматривается прирост древостоев разной полноты, более или менее однородных по всем прочим показателям. Полнота, которой соответствует наибольший прирост, объявляется оптимальной и дается рекомендация разреживать древостой до этой

полноты. Установление интенсивности рубки по такой методике приводит к противоречивым результатам, целиком зависящим от случайностей подбора объектов. Здесь имеют место следующие сомнительные допущения. Считаются равноценными данные о текущем приросте как нетронутых древостоев с установившейся полнотой и значительным отпадом, так и древостоев, недавно разреженных до той же полноты и не имеющих сухостоя. Не принимается во внимание отпад, размер которого связан с полнотой. Чем больше полнота, тем грубее ошибки в определении полного прироста».

То есть об опасности крупных ошибок в прогнозах роста (а имитационные модели как раз и призваны давать такие прогнозы) при ориентации только на полноту древостоев многие ведущие лесоводы предупреждали еще 60 лет назад.

Обсуждение результатов

Итак, весьма авторитетные лесоводы давно предупреждали о сомнительных с научной точки зрения методах, при которых учитывается не полный прирост, а прирост лишь по отдельным показателям, а также при объединении древостоев с разной историей развития. Не выясненная история у древостоев, задействованных как исходный материал, по сути, катастрофична для моделирования их роста. Здесь следует напомнить, что в работах Г. С. Разина [26–30] было доказано, и это было главным, что историю древостоя буквально «записывает на себя» сбег ствола, и с возраста 50 лет он становится тем, что можно назвать *биологическая константа*, где каждой начальной густоте в этом возрасте и старше соответствуют строго определенные значения сбega. Чем выше густота в раннем возрасте, тем меньше сбег, и он сохраняется постоянным в возрасте от 50 до 120 лет.

Как видим, Авторы в своих работах [12, 23, 44] хотя и применили некий концептуально новый подход при оценке конкуренции деревьев через «области доминирования», тем не менее в точности повторили все те методы анализа данных и их проверки через прирост модельных деревьев, а также синтеза результатов с объединением таксационных показателей абстрактных древостоев в статичные ряды, о которых В. В. Загребев и С. Н. Сеннов предупреждали как о сомнительных. Методы эти отнюдь не новые, и отдельные работы сибирских ученых [43, 45], так и не разработавших модели хода роста на основе естественных рядов древостоев, не могут поэтому служить в качестве образцов данных с их использованием для разработки модели-таблицы [44] с «оптимальными» полнотами.

Главной ошибкой в имитационных моделях Авторов является игнорирование истории густоты древостоев. Так, в работе [12] в одну совокупность соединены древостой в возрасте 47 лет со сбегом ствола 0,83–0,87 см/м и древостой в возрасте 110–120 лет со сбегом 1,13–1,52 см/м. Если судить по сбегу ствола, то здесь как минимум четыре (!) истории формирования древостоев с разной начальной густотой в возрасте 15–20 лет: история «высокой» густоты у 47-летних сосняков (ПП 5, 6, 7, 8к), «средней» густоты у ПП 9, «ниже средней» у ПП 10 и история развития с «малой густотой» была на ПП 11 и ПП 12к, где сбег ствола был самый большой. Все эти группы пробных площадей принадлежат к разным траекториям (моделям) развития древостоев. Начальная густота в решающей степени определит их рост на десятилетия вперед, и это закон, о котором мы писали и разъясняли его действие уже много раз [26–32]. В связи с этим исходный материал у Авторов в виде пробных площадей в молодняках, в среднем и спелом возрасте непригоден для сравнения между собой и тем более для объединения в один естественный ряд роста древостоев.

Как позитивный момент в исходном материале Авторов отметим закладку опытов с разреживанием сосняков густотой 34 тыс. шт./га в возрасте 13 лет с интенсивностью 92, 72 и 51% т.е. до густоты 2900 шт./га, которые по мере увеличения возраста будут относиться к разным траекториям развития. Однако число и размер пробных площадей (0,04 га) для

серьезных исследований недостаточны. Тем более, что в одну модель с 47-летними сосняками по совпадающему сбегу ствола их объединить можно будет не скоро — сбег ствола в молодняках должен измениться после столь интенсивных рубок.

А теперь возникает главный вопрос, почему же Авторы предприняли столько усилий, но использовали столь противоречивые методы? Для этого обратимся к учебному пособию «Основы моделирования систем» [14], где говорится о том, что модель представляет не просто упрощение реальности, а ее отображение через призму определенного теоретического подхода и конкретная задача, стоящая перед разработчиком, во многом определяет подход к моделированию выбранного процесса. Нам представляется, что перед Авторами стояла задача как-то по-новому обосновать снижение полноты средневозрастных и приспевающих сосняков рубками ухода до значений 0,6–0,7, что приветствуется арендаторами как легальный способ получения дешевой деловой древесины. И Авторы для практического применения сконструировали таблицу «оптимумов» полноты [44], о которой мы говорили в пункте «Абстракция 4». Так, в возрасте 50 лет эта полнота равна 0,85, в возрасте 80 лет — 0,78, в 100 лет – 0,75. У озабоченного выращиванием спелого леса лесовода сразу возникает вопрос – а почему нужно заканчивать выращивание леса к 100 годам при полноте 0,75? Почему не при полноте 1,0 и выше, как стремились к этому все поколения русских лесоводов? Авторы аргументируют эти понижения полноты тем, что ссылаются на работы, где такие полноты дают максимальное накопление фитомассы крон. А зачем оно, это накопление, если древостой поспел для рубки? Ведь возраст рубки для сосняков I класса бонитета 81–100 лет. И таблицы нормальных древостоев давно служат в этом ориентирами — именно для этого их создавали в свое время по всем регионам СССР [41].

По-видимому, разгадка здесь в том, что Авторы вполне одобряют снижение полноты до 0,7 после прореживаний, а также проходных рубок в древостоях, бывших прежде более высокополнотными. Целый ряд их статей именно для этого и был написан, и все они отвечают понятию «нарратива» – это когда содержание статьи подбирается в зависимости от задуманного финала. А финал у Авторов всегда один — рубки ухода нужны, потому что они освобождают место для развития крон («областей доминирования»). В итоге «теоретически» обосновывается разрушение структуры полных древостоев прореживаниями и проходными рубками путем снижения их полноты до 0,73 к 120-летнему возрасту [44, с. 14]. Как видим, итог один — выход на низкую полноту, как показатель «оптимальности» имитационных моделей.

В настоящее время вопросы сотрудничества деревьев и корневой конкуренции изучены слабо, и часто их игнорируют, однако и по световой конкуренции много неясного. В обсуждаемых статьях [12, 23, 44] Авторы как бы приписывают деревьям отношения доминирования и подчинения по аналогии с животным миром, а далее заимствованные из зоологии термины выдают за новый подход в моделировании роста древостоев, не заботясь о том, что надо было как-то объяснить эти термины в применении к деревьям более детально в виду их, как полагают Авторы, исключительной важности для моделирования роста. Однако идея захвата ресурсов питания деревом не нова. В учебниках прошлого века можно было встретить концепцию «дерева-волка» – крупного дерева, которое мощной кроной «давило соседей» и мешало им расти. Образ сильно действовал на неокрепшие умы студентов и запоминался надолго. Ныне «зоологический» образ дерева получил новый импульс в работах А. Н. Борисова в виде построения «областей доминирования» как для животных, так и для деревьев по формуле, где учитываются размеры особи, размеры соседей и расстояния до них.

Однако «область доминирования» зависима от диаметра дерева (а также от диаметра соседей, но в меньшей степени), который с неизбежностью связан со своим приростом.

Поэтому чем больше ОД, тем больше диаметр дерева и тем больше прирост. Тут все очень просто, потому что все они – зависимые и связанные между собой расчетами переменные величины, и ни одна из них не может быть фактором, о чем мы говорили выше. Однако в имитационном моделировании (где возможны любые абстракции) предлагаемая Авторами зависимая переменная ОД неправомерно используется как фактор, и через нее происходит увеличение прироста, а через прирост восстановление полноты и запаса древостоя после рубок в сценариях имитационной модели. Тут модель вообще начинает работать как оторванный от реальности процесс, в котором мы насчитали *три абстрактных допущения*. Авторы сами указывают на эту ее оторванность, так как берут данные из ГХР нормальных древостоев, называя их «как пример абстрактного древостоя», не уточняя суть этой абстракции. А суть такова, что конструируется имитационная модель на основе того, чего нет.

Заметим, что под всеми этими нагромождениями абстракций скрывается своеобразная реинкарнация тех методов, которые применялись при разработке множества таблиц *статичных состояний* древостоев, полное издание которых с традиционным названием «Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии» вышло в 2008 г. [41].

Из своих моделей Авторы убирают и технологические коридоры с изъятием до 15% живых деревьев, без которых не обходятся рубки ухода. Вообще, проверку моделей сделать непросто, так как для доказательства благотворности увеличения «области доминирования» путем рубки соседей нужны повторные измерения запасов на всей пробной площади, а не просто фиксация изменений прироста. Чтобы убедиться в правильности модели следует доказать, что после рубки увеличился суммарный объем крон и общая фитомасса хвои в древостое. Тогда будет понятно, что это способствовало увеличению прироста. Но и прирост должен быть измерен не по радиусу ствола, а по увеличению запаса древесины на всем участке, причем увеличение должно перекрыть убыль запаса из-за прорубки технологических коридоров. На наш взгляд, для получения безупречных данных лучше всего делать повторные измерения окружности ствола у всех деревьев, и тогда керны древесины будут не нужны, при взятии которых на модельных деревьях неизбежны субъективные предпочтения.

Следует также упомянуть и о том, что произошло в самом начале разработок имитационных моделей роста древостоев. По-видимому, впервые серьезно их начал разрабатывать З. Я. Нагимов [21]. Идея состояла в конструировании некоторого абстрактного древостоя из «оптимальных» деревьев, в качестве которых из числа модельных деревьев были взяты деревья-сублидеры с наилучшим соотношением размеров ствола, массы хвои и площади питания. Модель такого древостоя в виде таблицы отражала пределы густот и запасов, но оптимальных только для определенного возраста; З. Я. Нагимов особо отмечал, что в реальности они снижались бы с возрастом и он вполне поддерживал закон Г. С. Разина [30, 46] и его модели хода роста в зависимости от начальных густот. Заметим, что романтика имитационного моделирования была столь увлекательна, что З. Я. Нагимов не заметил очень важное явление – константу в массе хвои в своих сосняках в возрасте от 50 до 120 лет; об этой константе мы упомянули в нашем учебнике [47, с. 46-47].

В итоге можно констатировать, что в начале XXI века модели из естественных рядов роста как наиболее трудоемкие были окончательно забыты, и началось имитационное моделирование на основе «оптимальных» модельных деревьев, подобных тем, которые использовал З. Я. Нагимов. Из них создаются некие абстрактные модели с более или менее равномерным размещением деревьев по площади без окон и прогалов. Все бы ничего, да вот незадача — в реальности леса их имеют. Более того, в лесу имеются еще и плотные био группы. Это атрибуты древостоя, и их настолько убедительно подтверждают множество исследований

[6, 17, 19, 25, 32], причем окна являются местами для успешного развития подростка отнюдь не всегда [9, 49], в связи с чем мы даже сформулировали «закон неравномерного размещения деревьев в древостоях» [47]. Игнорирование его также приводит к неадекватности модели.

Эти моменты мы уже обсуждали ранее [32, 33], и здесь вновь обращаем внимание на то, что модели должны быть проверены в реальных насаждениях по мере их развития, а не по таблицам статичных состояний древостоев [41], которые по традиции и в многом ошибочно продолжают называть таблицами «хода» роста, в которых отражено как бы движение во времени (по классам возраста) таксационных показателей для полных древостоев, имеющих разную историю развития по начальной густоте.

Отметим и еще один важный момент. С наступлением высокой полноты в древостоях начинает действовать самый сложный закон – закон генетического гомеостаза частот правых и левых форм деревьев А.М. Голикова [47]. Пик полноты обычно приходится на 30 лет, и если его допустить (что происходит, когда лесовод дожидается «дифференциации» деревьев), то тогда формируется древостой с преобладанием деревьев-лидеров из правых форм, хорошо переносящих конкуренцию и мало нуждающихся в дополнительной площади питания; с возрастом их преобладание усиливается. Поэтому снижение густоты прочистками после 30 лет или прореживаниями в 50–70 лет опаздывает безнадежно, и такие рубки ухода бесполезны для 90 % деревьев-лидеров — они просто не будут существенно увеличивать размеры крон и прирост. Как раз не знание этого закона и приводит к тому, что деревья «не слушаются» лесовода и не отвечают взаимностью на уход за ними. В связи с действием этого неумолимого закона совершенно непростительно его игнорировать в современных имитационных моделях роста древостоев. Его действие начинается в момент смыкания крон, поэтому формирование оптимальной густоты следует начинать как можно раньше, в возрасте 10–15 лет; именно этот возраст многие лесоводы считают решающим для хорошего старта и запуска модели роста по нужной траектории развития, например, по моделям плантационного выращивания леса.

При поиске исходного материала для разработки моделей следует учитывать и то, что надо «зацепить» начало развития древостоя с 10–20 лет – без этого модель повисает в воздухе, не имеет корней, и ссылки на других авторов не помогут ее правильно выстроить. И нельзя выдвигать только одну гипотезу, а нарратив получения древесины от рубок ухода в среднем возрасте следует вообще отбросить, если лесовод стремится выращивать полноценный лес.

Если же для лесовода непрекаемым авторитетом являются методики и правила, в частности «Правила ухода за лесом», одобренные Минюстом и выступающие как руководящие принципы исследований уже много лет, в чем мы убедились, читая работы А.Н. Борисова и В.В. Иванова, а также другие работы адептов прореживаний после 50 лет, то для этого случая есть известное выражение: «Есть два мнения: одно – мое, другое неправильное». Тогда-то и отбрасывают все иные закономерности, полученные в сколь угодно массовых исследованиях другими учеными, в результате чего «теоретически» обосновывается разрушение структуры древостоя в среднем и приспевающем возрасте рубками ухода путем снижения их полноты до 0,73 [44, с. 14].

Однако самый потрясающий пример с подменой нейтрального термина «связь» на термины «зависимость» и «влияние», где один показатель уже подчиняется другому, имел место в моделях потепления климата Земли. В вольном пересказе история этой подмены такова. Американскому конгрессмену Альберту Гору в 1970-е гг. показали график с двумя линиями. На нижней ломаной линии в динамике за 15 тыс. лет были отложены показатели содержания CO₂ в кернах льда, извлеченных из ледяного щита Антарктиды, на верхней линии – температура в те же годы. Связь (корреляция) была очень высокой, пики и провалы примерно совпадали. Но было важное обстоятельство: в пиках и падениях температуры, как и во времени

взятия кернов содержались погрешности, иногда в сотни лет, и было неясно, что повышалось первым, хотя в последние 100 лет и было так, что повышение CO₂, шло синхронно с повышением температуры. Благодаря Альберту Гору американцы протащили через ООН резолюцию о потеплении климата из-за выбросов CO₂, хотя против нее выступили три (!) Нобелевских лауреата и даже выиграли суд, возражая против ссылок на их имена. Но дело было сделано, миллиарды потекли на углеродные проекты, а спустя 40 лет та же Америка вместе с Канадой отказались сокращать выбросы CO₂. Спектакль закончился, сцена опустела, Америка опять выиграла... А наиболее вероятной причиной потепления оказалось смещение Солнца от центра инерции Солнечной системы с его приближением к орбите Земли, что доказал российский ученый Н. Н. Завалишин [50, 51]. Вот к каким глобальным ошибкам привело человечество использование Альбертом Гором подчиняющего термина «влияние» вместо нейтрального термина «связь».

А что в лесоводстве? Когда щиты «областей доминирования» мы разбили, и наша статья была закончена, появилась аллегория. Представим Лесную науку в виде Реки из множества струй. На одной из них застряла баржа «Правила ухода за лесом». Она давно села на мель под названием «Конкуренция», ее ворочают так и эдак, и вдруг нагружают в 21 веке ворохом ненужных диаграмм с полнотами до и после рубок ухода для всех регионов России и увеличивают вес чуть не вдвое. Баржа стоит как скала, и делит реку на две части: слева течет вода и возникают новые науки-струи, а справа образовался водоворот из пены «индивидуально-ориентированных подходов», «методов случайных точечных полей», «динамики состояний древостоев», «областей доминирования» и т.д. Водоворот затягивает лодки с гребцами-учеными и даже суда и не отпускает... Но время идет, Река меняет русло и подмывает старую баржу; мы надеемся, что она сбросит ненужный груз и поплывет дальше, где будет не одна струя (естественное изреживание), а много струй (шесть законов), образующих мощный поток новой парадигмы лесоводства.

Тем не менее, и от Водоворота в этой Реке была польза. Познакомившись в 2019 г. со статьями Авторов [22, 23, 44], а также другими работами [1–8] автор данной статьи был поражен доминированием идеи конкуренции в моделях структуры и в моделях развития древостоев и поставил цель узнать ее точную силу.

Пришлось потратить два полевых сезона и три года работы, но задача была выполнена, когда в 55-летних культурах сосны были изучены площади питания более 2 тыс. деревьев. Результаты просто поразили – конкурентное давление на центральное дерево, рассчитанное тремя способами, оказалось сильнее не в густых, а в редких местах! В среднем же влияние индивидуальной площади питания в возрасте 30 лет на диаметр 55-летних деревьев оказалось равным $9,4 \pm 0,2$ %. Самым же удивительным было то, что эти оценки оказались близки к оценкам конкуренции в 184-летнем сосняке (7,7%), имеющем полноту 0,92. Объем материалов был настолько велик, что пришлось написать книгу [9] и создать серию фильмов «Леса России. Учебные фильмы Михаила Рогозина», в одном из которых говорится о четырех законах развития древостоев и рубках прореживания, необратимо разрушающих структуру лесов (<https://youtu.be/KGkqAT3mxJo>).

Поэтому научное противоборство инициировало детальные исследования, которые заполнили брешь с незнанием силы конкуренции между деревьями в среднем возрасте. Мы настаиваем на ее слабом уровне, чтобы те исследователи, которые считают ее сильной, искали новые методы ее оценки с использованием независимых переменных величин, действующих в фитоценозе как целостном сообществе, принципиально отличном от моделей в виде древостоев-имитаций, разработанных на основе «оптимальных» деревьев и их абстрактного размещения по площади. Эти модели, не требующие трудоемких полевых исследований,

становятся ныне модным течением, однако они не проходят даже первый этап верификации и поэтому бесполезны.

Заключение

В критикуемых работах А.Н. Борисова и В.В. Иванова рассматривались показатели конкурентного взаимодействия особей – «доступный ресурс» и «область доминирования» (ОД), заимствованные из зоологии, а также модели роста древостоев, составленные из «оптимальных» деревьев с наилучшим соотношением размеров и пропорциональными полигонами питания. Выяснилось, что эти показатели – зависимые переменные величины, что не позволяет использовать их как факторы в моделировании роста древостоев. Однако Авторы все же конструируют из них древостой-абстракции с квазиравномерным размещением деревьев, где отсутствуют окна и скопления деревьев, чего в реальности не бывает. Далее абстрактную модель сравнивают с другой абстракцией – статичными состояниями древостоев с полнотой 1,0 в таблицах хода роста. Далее конструируется модель «оптимальных» полнот по выводам других авторов, и в древостоях в возрасте от 50 до 120 лет в итоге рекомендуется поддерживать полноту от 0,85 до 0,73, необходимую для увеличения фитомассы крон. При этом для верификации имитационной модели используется прирост по радиусу ствола за 20 лет. Однако только прирост по радиусу не отражает увеличение запаса на всей площади, где при рубке ухода появляются технологические коридоры, изымающие до 15% наличного запаса. Поэтому нужна верификация по запасам до рубок и после них, по восстановлению запаса спустя 15–20 лет. В противовес обсуждаются методически более правильные работы других авторов с использованием независимых переменных, где было установлено, что конкуренция с ее оценкой по площади питания в 30 лет влияет на рост дерева в 55 лет менее чем на 10 %, из чего следует, что рубки ухода будут иметь такой же низкий эффект. Поэтому использование «областей доминирования» приведет к созданию весьма приблизительных моделей, за пределами влияния которых останется 90% влияния других факторов. Например, влияние сотрудничества деревьев в освоении индивидуальной ниши минерального питания. С точки зрения теории рубок ухода, Авторы использовали методы, о которых еще в 1970 гг. авторитетные лесоводы предупреждали, как о сомнительных с научной точки зрения. Более того, сомнительность методов возросла введением в имитационную модель показателя «область доминирования» дерева. Основная ошибка в моделировании была допущена при замене нейтрального термина «связь» словами «зависимость» и «влияние», где происходит подчинение значений одной величины значениям другой. Подобные ошибки были допущены и в более грандиозных проектах, например, в моделях потепления климата Земли. Рассмотренные здесь попытки создания однобоких конкурентных моделей и сценариев ухода за лесом с использованием «областей доминирования» были, как мы надеемся после нашей критики, последними из череды таких моделей – наступает эпоха смены лесоводственных парадигм в связи с открытием целого ряда новых законов в развитии древостоев.

Благодарности

Автор искренне благодарен сибирским ученым В. В. Кузьмичеву, А. Н. Борисову и В. В. Иванову за отстаивание их точки зрения на структуру и рост древостоев, которая буквально подвигла автора данной статьи искать новые подходы в моделировании структуры древостоев и в оценке взаимодействий деревьев на уровне микроценозов; эти подходы позволили впервые рассчитать показатели сотрудничества и конкуренции деревьев за ресурсы светового питания четырьмя оригинальными способами, и соотношение между конкуренцией и сотрудничеством оказалось примерно одинаковым [9].

Список литературы:

1. Колобов А. Н. Моделирование пространственно-временной динамики древесных сообществ: индивидуально-ориентированный подход // Лесоведение. 2014. №5. С. 72–82.
2. Грабарник П. Я., Секретенко О. П. Анализ горизонтальной структуры древостоев методами случайных точечных полей // Сибирский лесной журнал. 2015. №3. С. 32-44.
3. Гавриков В. Л. Рост леса: уровни описания и моделирования. Красноярск, 2013. 176 с.
4. Усольцев В. А. Продукционные показатели и конкурентные отношения деревьев. Исследование зависимостей. Екатеринбург: УГЛТУ, 2013. 556 с.
5. Тябера А. П. Площадь роста дерева и ее определение аналитическим способом // Лесной журнал. 1978. №2. С. 12-16.
6. Бузыкин А. И., Гавриков В. Л., Секретенко О. П., Хлебопрос Р. Г. Анализ структуры древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 1985. 94 с.
7. Сеннов С. Н. Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса. СПб., 1999. 98 с.
8. Вайс А. А. Научные основы оценки горизонтальной структуры древостоев для повышения их устойчивости и продуктивности (на примере насаждений Западной и Восточной Сибири): Автореф. дис. д-ра с.-х. наук. Красноярск, 2014. 33 с.
9. Рогозин М. В. Структура древостоев: конкуренция или партнерство? Пермь: ПГНИУ, 2019. 223 с.
10. Григорьев И. Anylogic за три дня. СПб, 2016. 202 с.
11. Кельтон Д., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. СПб: Питер, 2004. 847 с.
12. Борисов А. Н., Иванов В. В. Имитационное моделирование роста сосновых древостоев // Сибирский лесной журнал. 2022. №3. С. 40-47. <https://doi.org/10.15372/SJFS20220305>
13. Тюкавина О. Н., Ильинцев А. С., Ершов Р. А. Влияние прореживаний на радиальный прирост сосны обыкновенной // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. 2017. №4. С. 34-44.
14. Куприяшкин А. Г. Основы моделирования систем. Норильск, 2015. 135 с.
15. Нагимов З. Я. Оценка методов определения площадей роста деревьев // Леса Урала и хозяйство в них. Екатеринбург, 1999. Вып. 19. С. 82–98.
16. Усольцев В. А. Продукционные показатели и конкурентные отношения деревьев. Исследование зависимостей. Екатеринбург, 2013. 556 с.
17. Горячев В. М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаежных лесах Урала // Экология. 1999. №1. С. 9-19.
18. Маслаков Е. Л. Формирование сосновых молодняков. М.: Лесная промышленность, 1984. 168 с.
19. Ипатов В. С., Тархова Т. Н. Количественный анализ ценотических эффектов в размещении деревьев по территории // Ботанический журнал. 1975. №9. С.1237-1250.
20. Маслаков Е. Л. Генезис социальных структур сосны в фазе индивидуального роста // Таежные леса на пороге XXI века. СПб., 1999. С. 42-51.
21. Нагимов З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: дисс. ... д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2000. 409 с.
22. Борисов А. Н. Метод оценки распределения ресурса между деревьями в древостое // Состояние лесов и актуальные проблемы лесоуправления: Материалы Всероссийской конференции. Хабаровск, 2013. С. 293–296.

23. Борисов А. Н., Иванов В. В., Екимов Е. В. Метод оценки пространственного распределения ресурса в экологической нише // *Лесоведение*. 2014. №5. С. 113-121.
24. Санников С. Н., Санникова Н. С. Лес как подземно-сомкнутая дендроценоэкосистема // *Сибирский лесной журнал*. 2014. №1. С. 25-34.
25. Демаков Ю. П. Структура и закономерности развития лесов республики Марий Эл. Йошкар-Ола, 2018. 432 с.
26. Рогозин М. В., Разин Г. С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы. Пермь, 2015. 277 с.
27. Разин Г. С., Рогозин М. В. Теория естественной возрастной динамики одноярусных древостоев // *Лесное хозяйство*. 2012. №3. С. 41-42.
28. Разин Г. С. Рогозин М. В. О таблицах хода роста нормальных (сомкнутых, полных) древостоев (о догматизме в лесных науках) // *Лесная таксация и лесоустройство*. 2012. №2 (48). С. 10-16.
29. Рогозин М. В., Разин Г. С. Постоянные величины (константы) в ходе роста древостоев // *Лесное хозяйство*. 2013. №1. С. 43-45.
30. Рогозин М. В., Разин Г. С. Модели динамики и моделирование развития древостоев // *Сибирский лесной журнал*. 2015. №2. С. 55-70.
31. Рогозин М. В., Разин Г. С. Поиски закономерностей для общей теории развития древостоев // *Лесной вестник*. 2015. №6. С. 63-74.
32. Рогозин М. В. Фантомы теорий рубок ухода // *Бюллетень науки и практики*. 2017. №4 (17). С. 48–55.
33. Рогозин М. В. Площадь питания дерева: анализ методов // *Бюллетень науки и практики*. 2018. Т. 4. №7. С. 34–37.
34. Рогозин М. В. Влияние пространственной структуры древостоев сосны на отпад и диаметр деревьев // *Лесоведение*. 2021. №1. С. 28–41. <https://doi.org/10.31857/S0024114821010095>
35. Сукачев В. Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // *Сообщения института леса*. Вып. 1. М.: АН СССР, 1953. С. 5-44.
36. Баландин Р. К. Анти-Дарвин. Миражи эволюции. М.: Эксмо, 2010. 350 с.
37. Костерин О. Э. Дарвинизм как частный случай «Бритвы Оккама» // *Философия науки*. 2007. №4. С. 73-103.
38. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М.: Лесная промышленность, 1979. 216 с.
39. Assmann E. *Waldertragskunde: Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen*. BLV Verlagsgesellschaft, 1961. V. 1.
40. Колтунова А. И. О формировании горизонтальной структуры и срастании корневых систем в древостоях сосны // *Эко-потенциал*. 2013. №3-4. С. 136-142.
41. Швиденко А. З., Щепаченко Д. Г., Нильссон С., Булуй Ю. И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. М.: Рослесхоз, 2008. 886 с.
42. Кузьмичев В. В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.
43. Кузьмичев В. В. Закономерности динамики древостоев: принципы и модели. Новосибирск: Наука, 2013. 207 с.
44. Борисов А. Н., Иванов В. В., Петренко А. Е. Формирование пространственной структуры сосновых древостоев при рубках ухода // *Лесоведение*. 2019. №1. С. 1-12.

45. Гордина Н. П. Оптимизация структуры защитных лесов на основе биометрических показателей // Лесная таксация и лесоустройство: сборник научных трудов. Красноярск, 1991. С. 52–59.
46. Разин Г. С. Динамика сомкнутости одноярусных древостоев // Лесоведение. 1979. №1. С. 23–25.
47. Рогозин М. В. Лесоведение. Модели развития и структура простых древостоев. Пермь, 2019. 178 с.
48. Сеннов С. Н. К теории рубок ухода // Сборник научно-исследовательских работ по лесному хозяйству. Л., 1971. Вып. 13. С. 121–127.
49. Салтыков А. Н. Структурно-функциональные особенности естественного возобновления придонских боров. Симферополь: Ариал, 2019. 362 с.
50. Завалишин Н. Н. Оценка влияния смещения Солнца от центра инерции на температуру тропосферы // Оптика атмосферы и океана. 2009. Т. 22. №1. С. 31–33.
51. Завалишин Н. Н. Возможный механизм современного потепления: уменьшение альбедо, вызванное смещением Солнца от барицентра // XI Сибирское совещание по климатологическому мониторингу. 2015. С. 24–25.

References:

1. Kolobov, A. N. (2014). Modelirovanie prostranstvenno-vremennoi dinamiki drevesnykh soobshchestv: individual'no-orientirovannyi podkhod. *Lesovedenie*, (5), 72–82. (in Russian).
2. Grabarnik, P. Ya., & Sekretenko, O. P. (2015). Analiz gorizontal'noi struktury drevostoev metodami sluchainykh tochechnykh polei. *Sibirskii lesnoi zhurnal*, (3), 32–44. (in Russian).
3. Gavrikov, V. L. (2013). Rost lesa: urovni opisaniya i modelirovaniya. Krasnoyarsk. (in Russian).
4. Usol'tsev, V. A. (2013). Produktionnye pokazateli i konkurentnye otnosheniya derev'ev. Issledovanie zavisimosti. Ekaterinburg. (in Russian).
5. Tyabera, A. P. (1978). Ploshchad' rosta dereva i ee opredelenie analiticheskim sposobom. *Lesnoi zhurnal*, (2), 12–16. (in Russian).
6. Buzykin, A. I., Gavrikov, V. L., Sekretenko, O. P., & Khlebopros, R. G. (1985). Analiz struktury drevesnykh tsenozov. Novosibirsk. (in Russian).
7. Sennov, S. N. (1999). Itogi 60-letnykh nablyudenii za estestvennoi dinamikoi lesa. St. Petersburg. (in Russian).
8. Vais, A. A. (2014). Nauchnye osnovy otsenki gorizontal'noi struktury drevostoev dlya povysheniya ikh ustoychivosti i produktivnosti (na primere nasazhdenii Zapadnoi i Vostochnoi Sibiri): Avtoref. dis. d-ra s.-kh. nauk. Krasnoyarsk. (in Russian).
9. Rogozin, M. V. (2019). Struktura drevostoev: konkurenciya ili partnerstvo? Perm'. (in Russian).
10. Grigor'ev, I. (2016). Anylogic za tri dnya. St. Petersburg. (in Russian).
11. Kel'ton, D., & Lou, A. (2004). Imitatsionnoe modelirovanie. Klassika CS. St. Petersburg. (in Russian).
12. Borisov, A. N., & Ivanov, V. V. (2022). Simulation modeling of the growth of pine stands. *Sibirskij Lesnoj Zhurnal*. (3), 40–47. (in Russian). <https://doi.org/10.15372/SJFS20220305>
13. Tyukavina, O. N., Il'intsev, A. S., & Ershov, R. A. (2017). Vliyanie prorezhivaniya na radial'nyi prirost sosny obyknovЕННОЙ. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Lesnoi zhurnal*, (4), 34–44. (in Russian).
14. Kupriyashkin, A. G. (2015). Osnovy modelirovaniya sistem. Noril'sk. (in Russian).
15. Nagimov, Z. Ya. (1999). Otsenka metodov opredeleniya ploshchadei rosta derev'ev. In *Lesy Urala i khozyaistvo v nikh*, Ekaterinburg, 19, 82–98. (in Russian).

16. Usolt'sev, V. A. (2013). *Produksionnye pokazateli i konkurentnye otnosheniya derev'ev. Issledovanie zavisimosti. Ekaterinburg. (in Russian).*
17. Goryachev, V. M. (1999). *Vliyanie prostranstvennogo razmeshcheniya derev'ev v soobshchestve na formirovanie godichnogo sloya drevesiny khvoinykh v yuzhnotaevzhnykh lesakh Urala. Ekologiya. (1), 9-19. (in Russian).*
18. Maslakov, E. L. (1984). *Formirovanie sosnovykh molodnyakov. Moscow. (in Russian).*
19. Ipatov, V. S., & Tarkhova, T. N. (1975). *Kolichestvennyi analiz tsenoticheskikh effektov v razmeshchenii derev'ev po territorii. Botanicheskii zhurnal, (9), 1237-1250.*
20. Maslakov, E. L. (1999). *Genezis sotsial'nykh struktur sosny v faze individual'nogo rosta. In Taezhnye lesa na poroge XXI veka, St. Petersburg, 42-51. (in Russian).*
21. Nagimov, Z. Ya. (2000). *Zakonomernosti rosta i formirovaniya nadzemnoi fitomassy sosnovykh drevostoev: diss. ... d-ra s.-kh. nauk. Ekaterinburg. (in Russian).*
22. Borisov, A. N. (2013). *Metod otsenki raspredeleniya resursa mezhdru derev'yami v drevostoe. In Sostoyanie lesov i aktual'nye problemy lesoupravleniya: Materialy Vserossiiskoi konferentsii, Khabarovsk, 293–296. (in Russian).*
23. Borisov, A. N., Ivanov, V. V., & Ekimov, E. V. (2014). *Metod otsenki prostranstvennogo raspredeleniya resursa v ekologicheskoi nishе. Lesovedenie, (5), 113-121. (in Russian).*
24. Sannikov, S. N., & Sannikova, N. S. (2014). *Les kak podzemno-somknutaya dendrotsenoekosistema. Sibirskii lesnoi zhurnal, (1), 25-34.*
25. Demakov, Yu. P. (2018). *Struktura i zakonomernosti razvitiya lesov respubliky Marii El. Ioshkar-Ola. (in Russian).*
26. Rogozin, M. V., & Razin, G. S. (2015). *Razvitie drevostoev. Modeli, zakony, gipotezy. Perm'. (in Russian).*
27. Razin, G. S., & Rogozin, M. V. (2012). *Teoriya estestvennoi vozrastnoi dinamiki odnoyarusnykh drevostoev. Lesnoe khozyaistvo, (3), 41-42. (in Russian).*
28. Razin, G. S. & Rogozin, M. V. (2012). *O tablitsakh khoda rosta normal'nykh (somknytykh, polnykh) drevostoev (o dogmatizme v lesnykh naukakh). Lesnaya taksatsiya i lesoustroistvo, (2(48)), 10-16. (in Russian).*
29. Rogozin, M. V., & Razin, G. S. (2013). *Postoyannye velichiny (konstanty) v khode rosta drevostoev. Lesnoe khozyaistvo, (1), 43-45. (in Russian).*
30. Rogozin, M. V., & Razin, G. S. (2015). *Modeli dinamiki i modelirovanie razvitiya drevostoev. Sibirskii lesnoi zhurnal, (2), 55-70. (in Russian).*
31. Rogozin, M. V., & Razin, G. S. (2015). *Poiski zakonomernostei dlya obshchei teorii razvitiya drevostoev. Lesnoi vestnik, (6), 63-74. (in Russian).*
32. Rogozin, M. (2017). *Phantoms of theories of thinning forests. Bulletin of Science and Practice, (4), 48–55. (in Russian).*
33. Rogozin, M. (2018). *Nutrition area of tree: analysis of methods. Bulletin of Science and Practice, 4(7), 34-47. (in Russian).*
34. Rogozin, M. V. (2021). *Spatial structure of pine stands influencing the mortality and diameter of trees. Lesovedenie, (1), 28–41. (in Russian).*
<https://doi.org/10.31857/S0024114821010095>
35. Sukachev, V. N. (1953). *O vnutrividovykh i mezhdvidovykh vzaimootnosheniyakh sredi rastenii. In Soobshcheniya instituta lesa, I, Moscow, 5-44. (in Russian).*
36. Balandin, R. K. (2010). *Anti-Darvin. Mirazhi evolyutsii. Moscow. (in Russian).*
37. Костерин, О. Э. (2007). *Дарвинизм как частный случай" бритвы Оккама". Философия науки, (4), 73-103. (in Russian).*

38. Svalov, N. N. (1979). Modelirovanie proizvoditel'nosti drevostoev i teoriya lesopol'zovaniya. Moscow. (in Russian).
39. Assmann, E. (1961). *Waldetragskunde: Organische Produktion, Struktur, Zuwachs und Ertrag von Waldbeständen* (Vol. 1). BLV Verlagsgesellschaft.
40. Koltunova, A. I. (2013). O formirovanii gorizontальной struktury i srastanii kornevykh sistem v drevostoyakh sosny. *Eko-potentsial*, (3-4), 136-142. (in Russian).
41. Shvidenko, A. Z., Shchepashchenko, D. G., Nil'sson, S., & Bului, Yu. I. (2008). Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdenii osnovnykh lesobrazuyushchikh porod Severnoi Evrazii. Moscow. (in Russian).
42. Kuz'michev, V. V. (1977). Zakonomernosti rosta drevostoev. Novosibirsk. (in Russian).
43. Kuz'michev, V. V. (2013). Zakonomernosti dinamiki drevostoev: printsipy i modeli. Novosibirsk. (in Russian).
44. Borisov, A. N., Ivanov, V. V., & Petrenko, A. E. (2019). Formirovanie prostranstvennoi struktury osnovnykh drevostoev pri rubkakh ukhoda. *Lesovedenie*, (1), 1-12.
45. Gordina, N. P. (1991). Optimizatsiya struktury zashchitnykh lesov na osnove biometricheskikh pokazatelei. In *Lesnaya taksatsiya i lesoustroistvo: sbornik nauchnykh trudov*, Krasnoyarsk, 52–59. (in Russian).
46. Razin, G. S. (1979). Dinamika somkhnutosti odnoyarusnykh drevostoev. *Lesovedenie*, (1), 23-25. (in Russian).
47. Rogozin, M. V. (2019). Lesovedenie. Modeli razvitiya i struktura prostykh drevostoev. Perm'. (in Russian).
48. Sennov, S. N. (1971). K teorii rubok ukhoda. In *Sbornik nauchno-issledovatel'skikh rabot po lesnomu khozyaistvu*, Leningrad, 13, 121-127.
49. Saltykov, A. N. (2019). Strukturno-funktsional'nye osobennosti estestvennogo vozobnovleniya pridonetskikh borov. Simferopol'. (in Russian).
50. Zavalishin, N. N. (2009). Otsenka vliyaniya smeshcheniya Solntsa ot tsentra inertsii na temperaturu troposfery. *Optika atmosfery i okeana*, 22(1), 31-33. (in Russian).
51. Zavalishin, N. N. (2015). Vozmozhnyi mekhanizm sovremennogo potepleniya: umen'shenie al'bedo, vyzvannoe smeshcheniem Solntsa ot baritsentra. In *XI Sibirskoe soveshchanie po klimatologicheskomu monitoringu*, 24-25. (in Russian).

Работа поступила
в редакцию 10.01.2023 г.

Принята к публикации
17.01.2023 г.

Ссылка для цитирования:

Рогозин М. В. Нужна ли область доминирования в имитационных моделях роста дровостоев? // Бюллетень науки и практики. 2023. Т. 9. №2. С. 35-53. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/87/05>

Cite as (APA):

Rogozin, M. (2023). Is the Domain of Tree Dominance Needed in Simulation Models? *Bulletin of Science and Practice*, 9(2), 35-53. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/87/05>