

ПОИСКИ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ДЛЯ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ РАЗВИТИЯ ДРЕВОСТОЕВ

М.В. РОГОЗИН, *проф., ПермГНИУ, д-р биол. наук*⁽¹⁾,
Г.С. РАЗИН, *ПермГНИУ*⁽¹⁾

rog-mikhail@yandex.ru

⁽¹⁾Естественнонаучный институт ГОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ЕНИ ПГНИУ), 614990, Пермский край, Пермь, ул. Генкеля, 4

Отмечается, что таблицы хода роста, разработанные на основе однократных измерений, не отражают фактический ход роста древостоев. Поэтому нужен поиск факторов, реально влияющих на развитие древостоев. Частично вопрос решен для молодняков с открытием «рангового закона роста деревьев в древостое» Е.Л. Маслакова, но далее неясно, почему в древостоях появляются разные типы их роста. Одни авторы (А.М. Голиков) объясняют их наличие правыми и левыми формами, которые адаптивно противоположны: левые светолюбивы и любят сухие условия, а правые предпочитают влажность и конкуренцию. Другие авторы выдвигают концепцию биоритмов (Л.М. Битков) и гипотезу биополя (И.С. Марченко). Например, биополе ценоза предложено считать ведущим фактором естественного изреживания, для которого должны быть найдены константы, связанные с площадью клеток, излучающих это биополе. Одна из них, обнаруженная И.С. Марченко – это объем ветвей в 1 м³ полога. Мы проверили ее на 7 моделях роста древостоев ели по вариантам начальной густоты в диапазоне от 1,0 до 14,0 тыс. шт./га. Результаты расчетов в возрасте от 10 до 120 лет показали, что в древостоях с начальной густотой 1,0 и 1,3 тыс. шт./га, начиная с 45 лет, объемы крон изменялись, соответственно, в пределах 50,6–52 и 46,4–47,5 тыс. м³/га с колебаниями от среднего $\pm 1,4\%$, то есть оказались «индивидуальной константой» для этих моделей. Обнаружены критические точки (периоды) в развитии у ели: возраст 25 лет в густых (начальная густота более 5 тыс. шт./га) и 35–40 лет – в редких древостоях (начальная густота менее 1,6 тыс. шт./га) и невозможность улучшения типа развития ценоза после этого периода. Для нахождения критических точек в развитии древостоя нужно выяснить динамику суммы объемов крон и текущий прирост по запасу в период от 20 до 50–60 лет.

Ключевые слова: древостой, модели, густота, кроны, константы, критические точки, биополе, селекция

В результате длительных исследований в целях выяснения динамики состояний и управления протекающими в древостоях процессами в последние годы появились работы весьма широкого плана – «хронолесоводство» [5], «плантационное лесоводство» [48] и даже «нетрадиционное лесоводство» [26], где их авторами приведены аргументы в обоснование множества новых концепций и идей. Их анализ мы провели в монографиях [38, 40], поэтому здесь кратко рассмотрим лишь минимальное количество работ, важных для понимания предстоящих путей разработки будущей теории развития древостоев, и покажем результаты наших исследований в этом направлении.

При изучении закономерностей строения древостоев обнаружилось, что концепции постоянства и единства в их строении, выдвинутые А.В. Тюриным и Н.В. Третьяковым в 1927–1931 гг., не являются универсальными и поэтому оказались нужны дифференцированные по регионам нормативно-справочные материалы для таксации. Началась их интенсивная разработка. При этом динамика древостоев рассматривалась через призму таксационных показателей и за-

вершалась таблицами хода роста (ТХР) нормальных и модальных насаждений, составляя которые предписывалось в основном по классам бонитета [45]. Сейчас общее их число достигло нескольких сотен [53]. Цели их составления были многогранны, и самая первая – привести в известность производительность древостоев по классам возраста по регионам. Нормируемая полнота и продуктивность древостоев искусственного происхождения оказались намного выше естественных лесов, особенно до 50–60 лет, и для них А.Н. Поляковым, Л.Ф. Ипатовым и В.В. Успенским были составлены эскизы ТХР для европейской части России [31]. Ф.В. Кишенков и Г.В. Брылева [18] представили модели роста сосново-еловых двухъярусных насаждений с предложением разделять структуру формируемого древостоя на части (целевую, фоновую, угнетенную) и постоянно регулировать число деревьев в каждой, не дожидаясь естественного отпада растений.

Однако еще в 1970-е годы, на основе анализа динамики показателей структуры и продуктивности насаждений, были высказаны сомнения в адекватности ТХР, составля-

емых по классам бонитета; отмечалось при этом, что используемые в исследованиях методы подбора экспериментального материала для их составления не гарантируют принадлежности древостоев к одному естественно-гомогенному ряду их развития [21, 23, 32, 33, 50]. Поэтому, как отмечал В.В. Кузьмичев [22], они не могут быть моделями насаждений, к формированию которых нужно стремиться при лесохозяйственной деятельности.

Сейчас отмечается уже более уверенно [7, 30, 35, 36, 46], что рост древостоев происходит по иным закономерностям, чем это отражено в ТХР. Составленные на материале однократных измерений в статике, они не отражают фактического хода роста древостоев. Об этом свидетельствуют и данные длительного анализа хода роста опытных культур [15, 40, 41, 43, 44].

Отсутствие прогнозных моделей развития древостоев вынуждало лесные науки десятилетиями искать эмпирические пути решений для регламента той или иной технологии выращивания лесов и ухода за ними. Так, идея плантационного выращивания леса, выдвинутая в 1969 г. Б.И. Гавриловым, только недавно была реализована в технологиях со строгими параметрами [48]. Разработаны также модели оптимизации густоты древостоев на основе сложных расчетов, основанных на площади питания деревьев в разном возрасте с ориентацией на максимальный прирост и максимальную массу хвои [30].

Однако пока нет работ теоретического плана, объясняющих развитие древостоя в терминах, понятных лесоведам. Частично вопрос решен для молодняков с открытием «рангового закона роста деревьев в древостое» [27]. Но далее неясно, как и почему меняются ранги роста древостоя в целом (а не деревьев в отдельности) к возрасту спелости. По существу, только до 30–40 лет прослежено изменение рангов роста древостоев в опытных культурах [4, 13, 20]. Причем, до сих пор непонятно, *какие причины* вызывают появление у ценоза и у деревьев в нем разных типов роста. Вариация и тренды годовичных приростов показывают большое разнообразие типов, и их можно считать отражением в опре-

деленной мере генетических типов развития дерева, но только в условиях свободного роста, например на семенных участках [14]. В древостоях считать в какой-то мере генетическим тип роста дерева нельзя до тех пор, пока не будет выделена доля влияния факторов среды (например, густоты микроценоза вблизи дерева). Поэтому если для отдельных деревьев концепция о типах роста имеет под собой некоторые генетические основания, то для древостоев пока только предположительно можно считать «генетическими» наблюдаемые у них типы роста, на что иногда ссылаются таксаторы-лесоводы [3].

В раскрытии механизмов гомеостаза популяций особенно интересно явление дисимметрии. Любая популяция сосны и ели оказалась двойственной и состоящей из левых и правых изопопуляций [8, 9]. Левые и правые формы деревьев адаптивно неравноценны и различаются отношением к основополагающим факторам среды: свету, влаге, температуре. Левые формы отличаются светолюбием и ксерофитностью, а правые, наоборот, требовательны к влаге и толерантны к конкуренции. На дренированных и сухих почвах чаще встречаются и лучше растут левые, тогда как на влажных почвах, наоборот, преобладают и быстрее растут правые формы. Этот аспект новых знаний объясняет генетические и фитоценотические причины, по которым культуры сосны в сухих условиях, создаваемые традиционно более густыми, оказались достоверно менее продуктивными, чем естественные сосняки в Среднем Поволжье, где в сравнительный анализ были вовлечены свыше тысячи выделов [39, 42].

Оптимальные по влажности условия (ТУМ В2, С2) оказываются благоприятны для обеих форм, здесь они растут одинаково успешно и эти условия – некий рубеж, разделитель: если условия суше – лучше для левых, если влажнее – лучше для правых форм. Следует отметить, что во множестве изученных популяций частоты *изопопуляций* в них ни разу не снижались до нуля. Их колебания стремились к соотношению 0,38/0,62 [8, 9], близкому к «Золотому сечению», в котором проявляются универсальные законы Вселенной [52].

В сложных ельниках Калужской области в онтогенезе ели европейской Л.М. Битков [5] выявил две стратегии жизненного состояния (фазы, циклы биоритма): активную и пассивную, отличающиеся интенсивностью метаболизма продолжительностью в несколько десятилетий, обуславливающих реакцию ели на прореживания и проходные рубки, с резистентностью к корневой губке и вредителям в фазе высокой скорости роста и с успешной колонизацией местообитаний, с повторяемостью урожая через 4,4 лет в активной и через 8,3 лет – в пассивной фазе. Автор отмечает, что соотношение фаз роста является предсказуемой квази-инвариантной величиной, близкой к «Золотому сечению» (1,619), с отклонением от нее полученных данных на 12 %. Хронобиологическая концепция является основой для выстраивания новой теории – хронолесоводства [5].

Дерево и древостой – сложные структуры, образующие единое целое. По аналогии со значением слов *геотектоника* (развитие структур земной коры) и *архитектоника* (гармоничное соединение частей) Н.Н. Черновым предложен термин «биотектоника» [52]. Новый термин нужен для понимания отличий в моделировании процессов развития форм живой природы на основе ее фундаментальных закономерностей, которыми проверяются эмпирические модели. Так, для древостоя возможно применение Закона спирально-логарифмического кумулятивного роста, Золотого сечения и других. Они являются основой организации материи на всех уровнях, к которым, как к пределу или константе, она стремится и гармонизирует свое развитие [54]. В связи с этим появляются четкие ориентиры для проверки самых разных вариантов аппроксимации опытных данных и поиск отражения фундаментальных закономерностей в структуре и в развитии деревьев и древостоев.

Общие закономерности в развитии биосистем для лесоводства особенно важны. Причем, для древостоев наиболее важными являются два момента: прогноз их развития и состояния с наивысшими показателями прироста. Разработанные в 1970–1980 гг. модели прогноза прироста и ТХР имели лаг прогноза

всего в 5 лет при точности $\pm 5-8\%$ с вероятностью 68 % [2]. Они используются до сих пор и вполне удовлетворяют практику [3]. Но если для актуализации данных учета лесов этого достаточно, то для выращивания леса нужен прогноз на десятилетия. На Всероссийской конференции «Научные основы устойчивого управления лесами» 21–23 октября 2014 г. во вступительном слове академик А.С. Исаев показал, что эпоха экстенсивного лесопользования в России закончилась, и мы неизбежно перейдем на иные модели, в которых устойчивое управление лесами будет главным условием снижения рисков их деградации. Сейчас рассматриваются энергетические [1], конкурентные [11], а также общие модели развития древостоев и лесных экосистем [19, 29]. В этом плане ТХР на бонитетной основе, на наш взгляд, выглядят как уже давно пройденный этап моделирования. Из них можно взять только максимальные конечные результаты выращивания леса в том или ином классе возраста, и ответа на важнейший вопрос о том, при каких *начальных параметрах* ценоза можно вырастить такие максимально продуктивные леса, они не содержат.

Для новых моделей развития древостоев, помимо отмеченных выше новых концепций, важно понять еще и причины существования устойчивой неравномерности горизонтальной структуры насаждений, представленной множеством биогрупп, в которых сосредоточено до 28–50 % деревьев в насаждениях самых разных пород и возрастов [16]. Они должны обязательно учитываться при уходе за древостоями, а также в современном моделировании структуры и моделях выращивания фитоценозов [6]. Плотные биогруппы, состоящие из деревьев одной породы, на наш взгляд, можно отнести в определенном смысле к атрибуту простого древостоя. Вопрос о динамике биогрупп, как и вопрос о типах роста, нуждается в отдельном обзоре; пока же отметим, что сейчас принято считать, что «ранги деревьев и древостоев меняются» и точные причины этих изменений неизвестны. Селекционеры и генетики выясняют их [4, 13, 20, 38, 39] и пока только учитывают как «неизбежное зло», отодвигая

именно из-за них сроки оценки элитности к возрасту спелости [51]. Ученые-таксаторы первыми изучали типы роста [12, 24], но так и не смогли объяснить причины их появления и поэтому было принято решение разрабатывать в 1970-е гг. более простые ТХР по классам бонитета [45]. Их неадекватность мы уже отмечали, а появление «типов роста» вполне объяснилось действием фактора начальной густоты при условии, если моделировать ход роста древостоев на основе выявления естественных рядов их развития, разделяя пробные площади по начальной густоте ценозов и типам условий местопроизрастания (ТУМам), а не по классам бонитета [41].

Сложность моделей динамики с их длительностью, простирающейся за пределы жизни двух–трех поколений ученых, вынуждало изучать развитие древостоя по его частям, поэтому общий ряд его развития получить трудно. Но для самых простых древостоев нами все-таки были разработаны 5 законов динамики [40, 41], а также **всеобщий закон развития чистых и смешанных однорядусных древостоев**, который в кратком изложении выглядит следующим образом: пределы развития древостоев определяет их начальная густота; при ее изменчивости примерно от 0,5–0,7 до 200 тыс. шт./га, чем она больше, тем раньше древостой достигает свои пределы по показателям сомкнутости и суммам объемов крон, полноте, запасу, производительности, устойчивости, долговечности по сравнению с древостоями с меньшей начальной густотой; но чем она меньше, тем позднее древостой лидирует по ним и дольше сохраняет лидерство в сравнении с древостоями с большей начальной густотой [41].

Подтверждение данного закона можно обнаружить в работе З.Я. Нагимова [30] и в ходе роста древостоев опытных культур [15, 40, 41, 43, 44]. Так, З.Я. Нагимов при изучении закономерностей формирования фитомассы в сосняках на Урале пришел к выводу, что из ценологических факторов наиболее важным и информативным, определяющим степень заполнения пространства деревьями и интенсивность конкуренции, является густота древостоев. Им были установлены ее оптимальные

параметры, а также важные закономерности в сопряженной динамике массы хвои и текущего прироста, причем максимум запаса хвои совпадал и, вероятно, определял кульминацию текущего прироста по запасу [30]. Вполне очевидно, что фотосинтезирующий аппарат древостоя (хвоя, листья) через клетки камбия производит продукцию (древесину) и мы изучаем именно его результаты работы. Следует ожидать, что вопросы, правильно «заданные» этому аппарату, могут дать и ответы с высоким познавательным потенциалом, хотя окажутся и сложны в исполнении.

Известная концепция конкуренции на основе пространственного взаимодействия растений не может объяснить все эффекты их отношений внутри ценоза. В основе взаимоотношения растений со средой и между собой лежит материально-энергетический обмен, который чрезвычайно разнообразен – от обмена метаболитами и перераспределения элементов питания до взаимодействия электрических полей, генерируемых растениями. Взаимодействие природных электромагнитных полей с полями растений имеет значение в информационных связях растений со средой и между растениями: «...в сообществе растений, как и во всякой другой системе осцилляторов, при достижении ими равновесного состояния неизбежно появление единой колебательной системы в результате настройки осцилляции отдельных растений на колебательный режим процессов обмена со средой, характерный для большинства взаимодействующих растений» [49].

Несколько иная настройка зафиксирована в 180-летних древостоях при изучении динамики образования годичного слоя древесины у ели и пихты на Урале, где деревья с разной динамикой прироста по диаметру образовывали биогруппы, а деревья с близким типом прироста росли на значительном расстоянии [10]. Можно предположить в последнем явлении настройку деревьев друг на друга внутренними эпигенетическими регуляторами роста, а также отбором в эти группы правых и левых форм: левые формы предпочитают прямой свет и слабую конкуренцию, а правые – рассеянный и толерантны к ней [8].

Используемые в физике методы обнаруживают сверхслабые излучения растений, но в полевых условиях они неприменимы. Но можно фиксировать реакцию растений на эти сигналы, в интерпретации И.С. Марченко [25] «...по движению растений» (ветвей дерева) и «растеканию растений в системе» (развитию полога древостоя); при этом малая величина излучения стимулирует, а большая – тормозит заполнение экосистемы растениями. Концепцию биополя ввел в биологию А.Г. Гурвич в 1945 г., который ранее открыл митогенетическое излучение биообъектов; оно объясняет отворачивание побегов и растений друг от друга, колебания прироста в зависимости от сомкнутости, динамику изреживания, постоянство объема ветвей в пологе древостоя и множество других явлений, не объясняемых физиологией и лесоводством с позиций известных физических и химических взаимодействий [25].

Наличие предельных состояний в сомкнутости крон и полога [33, 40, 41], а также совпадение максимумов прироста с запасами хвои [30] подтверждает действие основных законов экологии при заполнении пространства экосистемы растениями [37]. Эти законы обусловлены действием физических, химических и энергетических взаимодействий между растениями (часть которых мы знаем как конкурентные). Поэтому нет никаких противоречащих фактов и теорий для принятия гипотезы о том, что механизмом саморегуляции в сообществе растений могут быть их биополя, излучающие сигналы самой различной природы, еще не изученные и во многом неизвестные.

Концепция биополя активно обсуждалась в 1970-е гг., и для древостоев были обнаружены доказательства его сильнейшего воздействия на прирост еловых культур еще до смыкания крон [17]. Воздействие выражалось в заблаговременном, за 2–3 года до смыкания крон, резком снижении в 2 раза прироста ветвей кроны, начавшееся еще при расстоянии между кронами в 0,4 м; далее, после прорастания крон друг в друга, прирост плавно увеличивался в 1,6 раза относительно достигнутого минимума. Причины таких колебаний и

само это необычное явление, обнаруженное в опытных культурах с разной густотой, сами авторы объяснили «сменой внутривидовой конкуренции на взаимную толерантность» [17]. Но такое объяснение причин явления не вскрывает.

Если механизмом саморегуляции структуры древостоя является его биополь, выступающее как ведущий фактор естественного изреживания, то должны быть и соответствующие ему постоянные величины (константы), связанные с площадью клеток, излучающих это биополь. Первая из них, обнаруженная И.С. Марченко [25] – это объем ветвей в 1 м³ полога (насыщенность сучьями). Она мало зависит от бонитета и в сомкнутых насаждениях есть величина постоянная; в живой части крон в сосняках 1 бонитета эта величина от 30 до 90 лет изменялась в узких пределах от 793 до 815 см³/м³.

Вторая из обнаруженных данным автором постоянных величин – это насыщение полога клетками камбия, измеряемая по связанной с ней ближе всего площади поверхности листьев в единице объема полога древостоя (см²/м³). В молодняках сосны, осины, березы эта площадь стремится к пределу у каждой древесной породы. Поэтому «...каждая порода создает древесный полог с определенной напряженностью биологического поля» [25]. Перечисленные константы не проверялись другими исследователями, и мы попытались выяснить их наличие в моделях динамики роста древостоев.

Для этого мы провели анализ 7 моделей роста древостоев ели по вариантам начальной густоты в диапазоне от 1,0 до 14,0 тыс. шт./га, по данным нашей работы [34]. Выясняли наличие константных величин для полога древостоя, в частности, показателя суммы объемов крон. Результаты расчетов в возрасте от 10 до 120 лет показали, что в самых редких смолоду древостоях, с начальной густотой 1,0 и 1,3 тыс. шт./га, начиная с 45 лет объемы крон изменялись соответственно в пределах 50,6–52 и 46,4–47,5 тыс. м³/га, с колебаниями от среднего $\pm 1,4\%$, то есть оказались «индивидуальной константой» для этих моделей. В более густых моделях объем крон

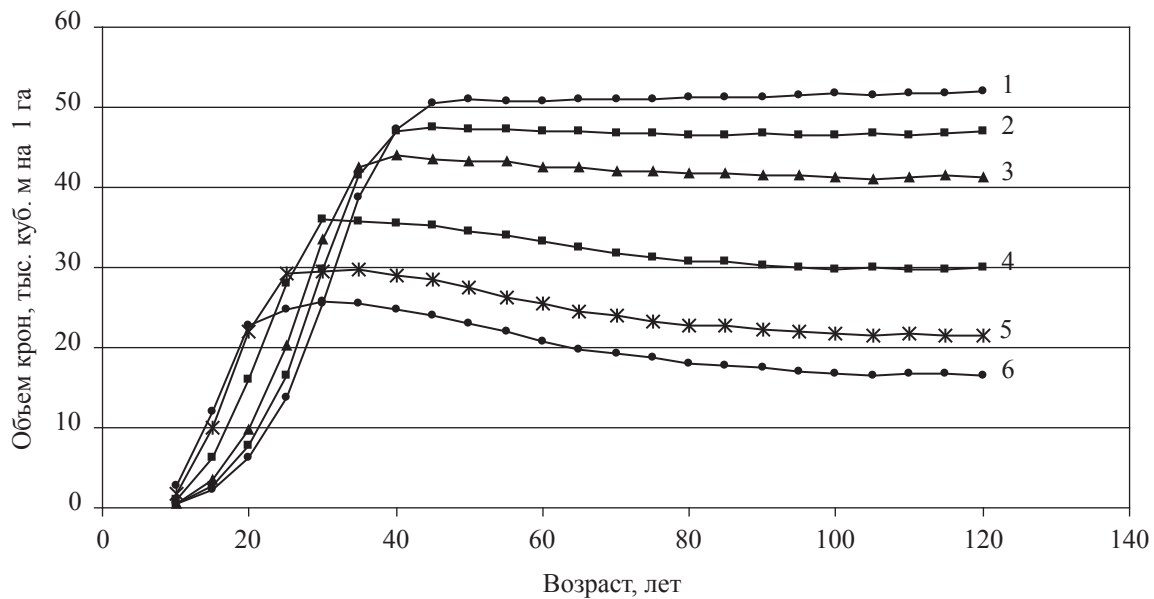


Рис. 1. Динамика объема крон в еловых древостоях с начальной густотой в 10 лет: 1 – 1,0; 2 – 1,3; 3 – 1,6; 4 – 2,9; 5 – 5,1; 6 – 7,9 тыс. шт./га

Fig. 1. Dynamics of crone volume in fir stands with the initial 10 year density: 1 – 1,0; 2 – 1,3; 3 – 1,6; 4 – 2,9; 5 – 5,1; 6 – 7,9 thousand. pcs. / ha

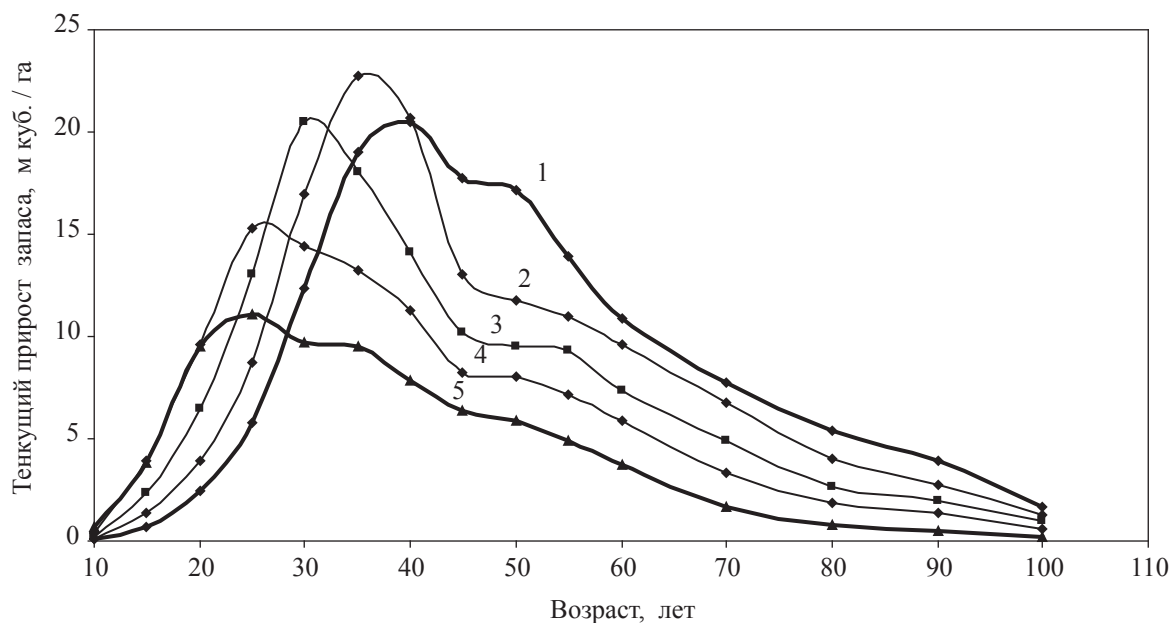


Рис. 2. Текущий прирост по запасу в моделях еловых древостоев в типах условий местопроизрастания C_2-C_3 с начальной густотой: 1 – 1,0; 2 – 1,65; 3 – 2,9; 4 – 5,1; 5 – 14 тыс. шт./га

Fig. 2. Current increase in the stock in the conditions of C_2-C_3 with the initial density: 1 – 1,0; 2 – 1,65; 3 – 2,9; 4 – 5,1; 5 – 14 thousand pcs. / ha

уже не был постоянным на указанном отрезке возраста и после максимума плавно снижался (рис. 1).

Обнаруженная константа имеет ясный биологический смысл как предел, больше которого полог уже не может заполняться биомассой и сохраняет ее на фоне изменения буквально всех таксационных показателей [40].

Следует отметить, что мы изучили динамику показателя суммы объемов живых крон, а он отличается от изученных И.С. Марченко объема ветвей и площади поверхности листьев в 1 м³ полога. Эти показатели мы не могли проверить, но гипотеза И.С.Марченко о существовании их в виде постоянных величин [25] находит подтверждение в нашем

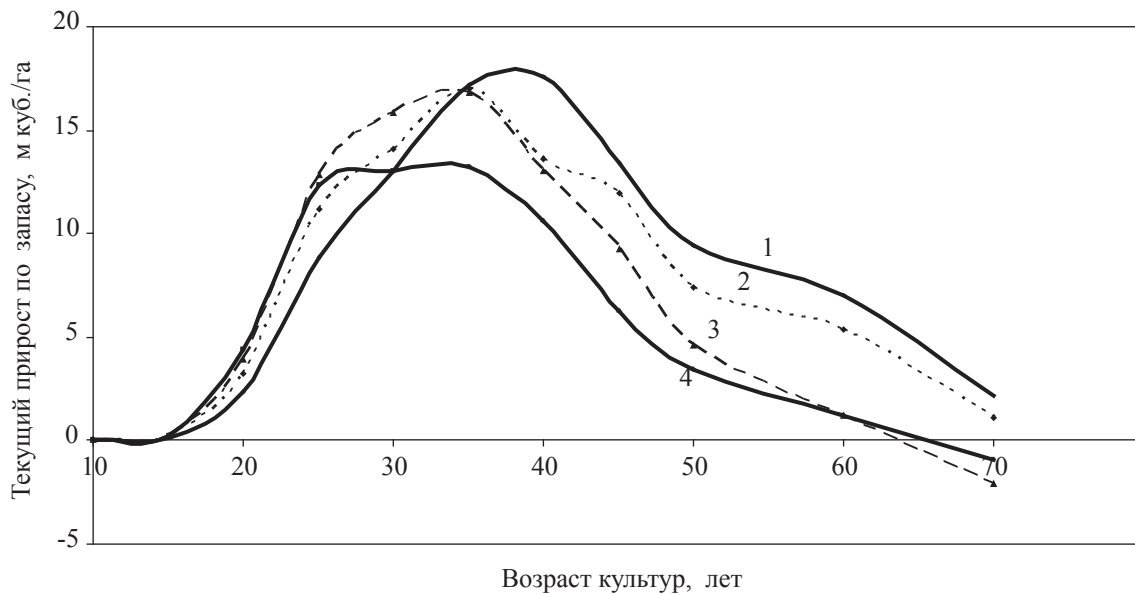


Рис. 3. Текущий прирост по запасу в моделях еловых культур в типах условий местопроизрастания B_3-C_3 с начальной густотой в 10 лет: 1 – 3,6; 2 – 4,8; 3 – 6,0; 4 – 8,5 тыс. шт./га

Fig. 3. Current increase in the stock in the models of fir stands in the conditions of B_3-C_3 with the 10 year initial density: 1 – 3,6; 2 – 4,8; 3 – 6,0; 4 – 8,5 thousand pcs. / ha

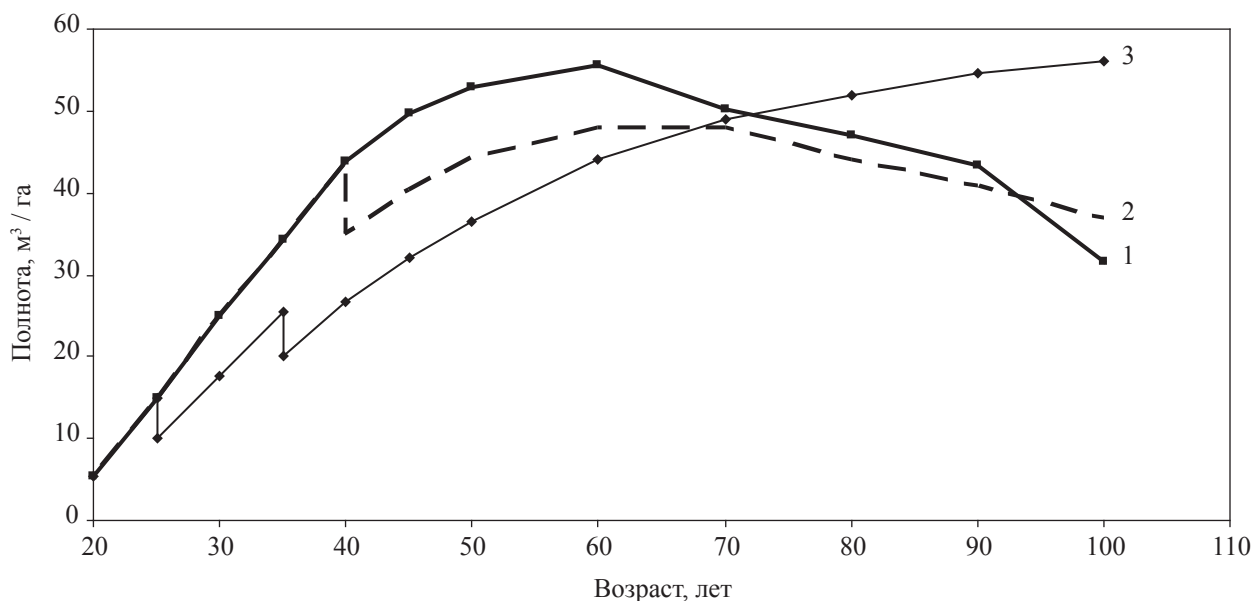


Рис. 4. Динамика полноты в моделях выращивания еловых культур в типах условий B_3-C_3 с начальной густотой в 10 лет 3,6 тыс. шт. / га: 1 – без рубок ухода; 2 – рубки в 40 лет; 3 – рубки в 25 и 35 лет (прогнозная модель)

Fig. 4. Stoutness dynamics in the models of fir growing in the conditions of B_3-C_3 with the initial 10 year density of 3,6 thousand pcs. / ha: 1 – without sanitation cuttings; 2 – cutting once in 40 years; 3 – cuttings once in 25 and 35 years (prognostic model)

случае в динамике суммы объемов крон в редких по начальной густоте моделях роста древостоев.

Нечто подобное константе для массы хвой обнаружено в сосняках III класса бонитета на Урале З.Я. Нагимовым. Проведенный им анализ 960 моделей на 108 пробных пло-

щах показал [30], что выравненные максимальные значения массы хвой возрастают с 20 до 40 лет от 10,8 до 12,8 т/га, а далее остаются практически на одном уровне, отклоняясь от среднего значения (13,1 т/га) в период 50–120 лет на 1,4–1,7 %, что нельзя признать существенным, так как ошибки опыта были

близки к этим отклонениям. На наш взгляд, эти максимумы вполне можно считать неким биологическим пределом, больше которого в данных условиях и при полноте древостоев, близкой к 1,0, масса хвои подняться уже не может и поддерживает его уровень с момента достижения максимума прироста.

Кульминацию развития насаждения обычно связывают с максимумом текущего прироста по запасу. В наших моделях хода роста естественных [34] и искусственных [40] еловых древостоев текущие приросты выглядят как серия пересекающихся кривых и каждая из них имеет максимум. Так, в естественных древостоях с малой начальной густотой (в моделях 1–3) максимумы наблюдаются в 30–40, а в густых – уже в 25 лет (рис. 2).

В культурах у моделей с относительно малой начальной густотой в 3,6 тыс. шт./га максимум прироста приходится на 35 лет, а в более густых моделях (8,5 тыс. шт./га) – в 25 лет (рис. 3).

Таким образом, пики развития естественных и искусственных древостоев практически совпадают, если начальные густоты их были одного порядка (редкие или густые).

Кульминация прироста обусловлена сочетанием множества причин, включая генетические, о которых мы говорили выше. Представляется обоснованным утверждение, что если социальные ранги деревьев определились в результате действия этих многих причин, то изменить и «переместить» развитие древостоя на более производительную линию (модель роста) после кульминации прироста вмешательством разреживания трудно или почти невозможно. Деревья имеют инерцию развития по множеству признаков, определяющих их ранги. Распределение по рангам отражает адаптацию сообщества именно для этой линии (модели) развития, и адаптация эта, скорее всего, завершается на пике прироста по запасу.

Рекомендации по ускоренному выращиванию леса как раз и ориентированы на разреживания в самом раннем возрасте [28, 48]. Период во время и после пика сомкнутости полога и кульминации прироста уже неэффективен для изменения динамики в по-

ложительную сторону. В это время в господствующую часть древостоя происходит отбор конкурентно выносливых генотипов и это свойство у них не всегда сочетается с крупными размерами, из-за чего и происходит потеря производительности. По-видимому, именно в эти периоды С.Н. Сенновым и были проведены рубки ухода на большом количестве опытных участков и получено парадоксальное заключение о «невозможности повышения производительности средневозрастных древостоев регулированием их густоты» [47]. Но дело еще и в том, что если пик сомкнутости уже наступил и произошла адаптация растений к дефициту питания путем формирования малообъемных крон, то древостой освобождается от предельной сомкнутости всегда с ущербом для производительности, и поэтому чем позднее рубка оставших растений, тем слабее она меняет линии развития полноты (рис. 4).

Из полученных нами закономерностей следует ряд правил, позволяющих использовать их с нужным эффектом. Укажем только основные. Так, при выращивании леса активное регулирование густоты рубками должно быть завершено *до кульминации* текущего прироста по запасу. Для ельников это будет возраст до 25 лет в относительно густых (начальная густота 5 тыс. шт./га и более) и до 30–35 лет – в изначально редких древостоях (начальная густота около 2,9 тыс. шт./га и менее).

Важные правила появляются и для лесной селекции.

История насаждений разнообразна и порождает отличающиеся типы их развития с разным набором генотипов. Желательный для лесных плантаций генофонд формируют древостои с пониженной начальной густотой и поэтому плохой очищаемостью от сучьев, где плюсовые деревья, как правило, не отбирались. Поэтому неудачи плюсовой селекции в том числе объяснимы и отбором родителей в насаждениях с другой историей развития, а именно с высокой густотой в молодом и среднем возрасте. В результате формируется генофонд, более подходящий для выращивания в густом стоянии и непригодный для плантационного выращивания, что доказано наши-

ми 21-летними опытами выращивания потомства 224 деревьев ели из старых культур четырех участков с разной густотой на двух участках испытательных культур, также отличающихся по густоте. Оказалось, что как отдельные матери, так и популяции (древостои) передают потомству свою приверженность к лучшему росту в совершенно определенных условиях конкуренции – слабой или сильной [40]. Поэтому в интересах плантационного выращивания в критерии отбора плюсовых насаждений и деревьев необходимо включить не только историю их густоты, но и возраст не более 50–55 лет. Имеющийся же исходный материал, задействованный в конце 20 века в селекции хвойных, более подходит по своей истории формирования, а также возрасту оценки фенотипа матерей к генофонду для выращивания густых насаждений до возраста 90–120 лет и более.

В биологии существует миф о саморегуляции густоты в чистых древостоях. Однако растения не планируют будущее, а стремятся к заполнению пространства биомассой до предела, после чего начинается регресс, принимаемый за «саморегуляцию»; при этом социум стремится как можно дольше сохранять максимум числа деревьев, с ущербом для их размеров. Укоренившийся миф искажает стратегическое мышление и приводит к заблуждениям, мешающим принятию правильных решений при выращивании лесов.

Таковы в кратком изложении некоторые биологические закономерности, модели развития древостоев, гипотезы и концепции, а также следующие из них правила выращивания леса и правила для селекции лесных пород, рассмотренные на примере ели сибирской и сосны обыкновенной. Для детализации их действия для конкретных пород и условий необходим поиск биологических констант, связанных с развитием ассимиляционного аппарата и поиск критических периодов в развитии древостоев.

Работа выполнена при финансовой поддержке задания 2014/153 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России № ГР 01201461915.

Библиографический список

1. Алексеев, А.С. Энергетическая модель хода роста запаса древостоев и возможности ее применения для решения задач устойчивого управления лесами / А.С. Алексеев // Научные основы устойчивого управления лесами. – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 10–13.
2. Антанайтис, В.В. Прирост леса / В.В. Антанайтис, В.В. Загребев. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 200 с.
3. Багинский, В.Ф. Ход роста древостоев и его отражение в таблицах и математических моделях / В.Ф. Багинский // Лесное хозяйство. – 2011. – № 2. – С. 40–42.
4. Бузыкин, А.И. Анализ пространственной структуры разновозрастных древостоев / А.И. Бузыкин, В.А. Охонин, О.П. Секретенко и др. // Структурно-функциональные взаимосвязи и продуктивность фитоценозов. – Красноярск, 1983. – С. 5–12.
5. Битков, Л.М. Хронобиологическая концепция лесоводственных мероприятий в сложных ельниках на юго-западе района хвойно-широколиственных (смешанных) лесов европейской части Российской Федерации (Калужская область): дисс. ... д-ра с.-х. наук / Л.М. Битков. – Брянск: БГИТА, 2009. – 304 с.
6. Вайс, А.А. Динамика морфологических и пространственных показателей деревьев в Среднеобских борах / А.А. Вайс, В.В. Кузьмичев. – Красноярск: СибГТУ, 2007. – 122 с.
7. Верхунов, П.М. Таксация леса / П.М. Верхунов, В.Л. Черных. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 395 с.
8. Голиков, А.М. Эколого-диссимметричный и изоферментный анализ структуры модельных популяций сосны обыкновенной / А.М. Голиков // Лесоведение. – 2011. – № 5. – С. 46–51.
9. Голиков, А.М. Эколого-диссимметрический подход в генетике и селекции видов хвойных / А.М. Голиков // LAP LAMBERT Academic Publishing. – 2014. – 162 с.
10. Горячев, В.М. Влияние пространственного размещения деревьев в сообществе на формирование годичного слоя древесины хвойных в южнотаяжских лесах Урала / В.М. Горячев // Экология. – 1999. – № 1. – С. 9–19.
11. Грабарник, П.Я. Моделирование пространственно-временной структуры древостоя с учетом механизмов конкуренции между деревьями / П.Я. Грабарник, А. Женет, О.П. Секретенко и др. // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы Всероссийской научной конференции «Научные основы устойчивого управления лесами». – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 100.
12. Давидов, М.В. К вопросу об установлении типов роста древостоев в природе / М.В. Давидов // Лесной журнал. – 1977. – № 6. – С. 11–16.
13. Ефимов, В.М. Применение методов многомерной статистики для ранней диагностики лучших по росту популяций сосны в географических культурах / В.М. Ефимов, В.В. Тараканов, Р.В. Роговцев // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – № 1–2. – С. 58–62.
14. Исаков, Ю.Н. Эколого-генетическая изменчивость и селекция сосны обыкновенной: автореф. дис. ... докт. биол. наук / Ю.Н. Исаков. – СПб, 1999. – 36 с.
15. Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче ТСХА за 1862–1962 гг. – М.: МСХА, 1964. – 562 с.
16. Ипатов, В.С. Количественный анализ ценологических эффектов в размещении деревьев по территории / В.С. Ипатов, Т.Н. Тархова // Ботанический журнал. – 1975. – № 9. – С. 1237–1250.
17. Кайрюкшис, Л.В. Явление смены характера взаимоотношений между индивидами внутри вида / Л.В. Кайрюкшис, А.И. Юодвалкис // Лесоведение и лесное хозяйство. – Вып. II. – Минск: Вышэйшая школа, 1976. – С. 16–24.
18. Кишенков, Ф.В. Таксационная структура сложных смешанных древостоев / Ф.В. Кишенков, Г.В. Брылева // Аграрная наука. – 2007. – № 12. – С. 9–11.

19. Комаров, А.С. Имитационное моделирование круговоротов углерода и азота в лесных экосистемах бореальной зоны / А.С. Комаров, В.Н. Шанин // Научные основы устойчивого управления лесами: Матер. Всеросс. научной конф. «Научные основы устойчивого управления лесами». – М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. – С. 168–169.
20. Кузьмина, Н.А. Отбор перспективных климатипов сосны обыкновенной в географических культурах в Красноярском Приангарье / Н.А. Кузьмина, С.Р. Кузьмин // Хвойные бореальной зоны. – 2010. – № 1–2. – С. 115–117.
21. Кузьмичев, В.В. Закономерности роста древостоев / В.В. Кузьмичев. – Новосибирск: Наука, 1977. – 160 с.
22. Кузьмичев, В.В. Эколого-ценотические закономерности роста одновозрастных сосновых древостоев: автореф. дис. ... д-ра биол. наук / В.В. Кузьмичев. – Красноярск, 1980. – 31 с.
23. Лебков, В.Ф. Метод составления таблиц хода роста и определения оптимальной густоты насаждений / В.Ф. Лебков // Лесное хозяйство. – 1965. – № 2. – С. 19–23.
24. Лебков, В.Ф. Типы строения древостоев / В.Ф. Лебков // Лесоведение. – 1989. – № 4. – С. 12–20.
25. Марченко, И.С. Биополе лесных экосистем / И.С. Марченко. – Брянск: БГИТА, 1995. – 188 с.
26. Марченко, И.С. Нетрадиционное лесоводство: Авторский курс / И.С. Марченко, С.И. Марченко; ред. Е.С. Мурахтанов. – Брянск: БГИТА, 1998. – 419 с.
27. Маслаков, Е.Л. Об особенностях роста и дифференциации деревьев в молодняках сосны / Е.Л. Маслаков // Восстановление и мелиорация лесов Северо-Запада РСФСР. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1980. – С. 53–61.
28. Мерзленко, М.Д. Теория и практика искусственного лесовосстановления: учебное пособие / М.Д. Мерзленко, Н.А. Бабич. – Архангельск, 2011. – 239 с.
29. Моделирование динамики органического вещества в лесных экосистемах / отв. ред. В.Н. Кудяров. – М.: Наука, 2007. – 380 с.
30. Нагимов, З.Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: дисс. ... д-ра с/х. наук / З.Я. Нагимов. – Екатеринбург: УГЛА, 2000. – 409 с.
31. Поляков, А.Н. Продуктивность лесных культур / А.Н. Поляков, Л.Ф. Ипагов, В.В. Успенский. – М.: Агропромиздат, 1986. – 240 с.
32. Разин, Г.С. Изучение и моделирование хода роста древостоев различной густоты (на примере ельников Пермской области): методические рекомендации / Г.С. Разин. – Л.: ЛенНИИЛХ, 1977. – 43 с.
33. Разин, Г.С. Динамика сомкнутости одноярусных древостоев / Г.С. Разин // Лесоведение. – 1979. – № 1. – С. 23–25.
34. Разин, Г.С. О ходе роста древостоев. Догматизм в лесной таксации / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Вестник Пермского университета. Серия Биология. – 2009. – № 10 (36). – С. 9–38.
35. Разин, Г.С. О методических подходах построения эскизов таблиц хода роста / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2011. – № 1–2. С. 48–57.
36. Разин, Г.С. О таблицах хода роста нормальных (сомкнутых, полных) древостоев (о догматизме в лесных науках) / Г.С. Разин, М.В. Рогозин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2012. – № 2 (48). – С. 10–16.
37. Реймерс, Н.Ф. Экология (теории, законы, правила, принципы и гипотезы) / Н.Ф. Реймерс. – М.: Россия молодая, 1994. – 367 с.
38. Рогозин, М. В. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания. – Пермь: ПГНИУ, 2013. – 200 с. <http://www.elibrary.ru>
39. Рогозин, М.В. О выращивании леса на сухих почвах: теоретические подходы / М.В. Рогозин, А.М. Голиков, Г.С. Разин // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2014. – № 3 (23). – С. 5–17.
40. Рогозин, М.В. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели / М.В. Рогозин, Г.С. Разин. – Пермь: ПГНИУ, 2012. – 210 с. <http://www.elibrary.ru>
41. Рогозин, М.В. Вопросы онтогенеза и динамики древостоев / М.В. Рогозин, Г.С. Разин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2013. – № 2(50). – С. 23–32.
42. Романов, Е.М. Искусственное лесовосстановление в Среднем Поволжье: состояние и задачи по совершенствованию / Е.М. Романов, Т.В. Нуреева, Н.В. Еремин // Вестник ПГТУ. Серия: Лес. Экология. Природопользование. – 2013. – № 3. – С. 5–14.
43. Рябоконь, А.П. Продуктивность сосновых насаждений и качество древесины в них при ускоренном выращивании на пиловочник и балансы / А.П. Рябоконь // Лесной журнал. – 1990. – № 6. – С. 19–24.
44. Савич, Ю.М. Рост и продуктивность сосновых культур / Ю.М. Савич // Науч. тр. Укр. Акад. с.-х. наук. – Киев, 1960. – Т. 13. – С. 48–53.
45. Свалов, Н.Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования / Н.Н. Свалов. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 216 с.
46. Семечкин, И.В. О применении таблиц хода роста и о ландшафтном определении границ таксационных участков при лесостроительстве / И.В. Семечкин, Р.А. Зиганшин // Лесная таксация и лесостроительство. – 2008. – № 1 (39). – С. 73–82.
47. Сенов, С.Н. Уход за лесом: экологические основы / С.Н. Сенов. – М.: Лесная пром-ть, 1984. – 127 с.
48. Титов, Е.В. Платационное лесоводство / Е.В. Титов. – Воронеж: ВГЛТА, 2012. – 101 с.
49. Титов, Ю.В. Эффект группы у растений / Ю.В. Титов. – Л.: Наука, 1978. – 151 с.
50. Тябера, А.П. Моделирование производительности и товарности сосновых древостоев разной густоты в условиях Литовской ССР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук / А.П. Тябера. – Брянск, 1980. – 20 с.
51. Указания по лесному семеноводству в Российской Федерации. – М.: Федер. служба лесного хозяйства России, 2000. – 197 с.
52. Чернов, Н.Н. Биотектоника – методологическая основа изучения форм в живой природе / Н.Н. Чернов. – Екатеринбург: УГЛУ, 2013. – 137 с.
53. Швиденко, А.З. Таблицы и модели хода роста и продуктивности основных лесобразующих пород Северной Евразии (нормативно-справочные материалы) / А.З. Швиденко, Д.Г. Щепаченко, С. Нильсон и др. – М., 2008. – 886 с.
54. Шевелев, И.Ш. Метаязык живой природы / И.Ш. Шевелев. – М.: Воскресенье, 2000. – 352 с.

SEARCHING REGULARITIES FOR THE GENERAL THEORY OF FOREST STAND DEVELOPMENT

Rogozin M.V., Candidate of Sciences, Assoc. Prof. Perm state national research university, Ph.D. (Agricultural) ⁽¹⁾;
Razin G.S., Perm state national research university

rog-mikhail@yandex.ru

⁽¹⁾Perm state national research university, 614990, Perm, Genkel st. 4

It should be noted that the tables of the course of growth based on single and static measurements do not reflect the actual course of stands' growth. Therefore, we should look for the factors that can actually influence the development of forest stands. As for the young trees, the issue has been partially resolved with the discovery of E.L. Maslakov's «rank law of tree growth in the stand», but it is unclear why there appear different types of their growth in the stands. Certain authors (A.M. Golikov) explain it by right and left tree forms, which are adaptively opposite: the left ones are light-requiring and like

dry conditions, and the right ones prefer humidity and competition. Other authors have put forward the concept of biorhythms (L.M. Bitkov) and biofield hypothesis (I.S. Marchenko). For example, the biological cenosis field is supposed to be a leading factor of the natural thinning for which the constants connected with the area of cells that produce this biofield are to be found. One of them has been found by I.S. Marchenko – it is the volume of branches of 1 m³. We checked it on the 7 models of growth of fir stands, which differed in the initial density from 1.0 to 14.0 thousand pcs. / ha. The calculation results for the trees from 10 to 120 years have shown that in the stands with the initial density of 1.0 and 1.3 thousand pcs. / ha, beginning from 45 years, the crown volumes have changed for about 50.6–52 and 46.4–47.5 thousand m³/ha with fluctuations $\pm 1.4\%$, that is, they were an «individual constant» for these models. The critical points (periods) in the development of fir have been found: the age of 25 years in dense stands (initial density is more than 5 thousand pcs. / ha) and 35–40 years in rare stands (initial density is less than 1.6 thousand pcs. / ha) as well as the inability to improve the type of cenosis development after this period. To find out the critical points in the development of a stand it is necessary to figure out the dynamics of the sum of the crown volumes and the current increase in the stock in the period from 20 to 60 years

Keywords: forest stand, models, density, crowns, constants, critical points, biofield, breeding

References

1. Alekseev A.P. *Energeticheskaya model' khoda rosta zapasa drevostoev i vozmozhnosti ee primeneniya dlya resheniya zadach ustoychivogo upravleniya lesami* [Energy model of growth progress of the growing stock and the possibility of its application for solving problems of sustainable forest management]. *Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami* [Scientific basis for sustainable forest management]. Moscow: TsEPL RAN, 2014. pp. 10-13.
2. Antanaytis V.V., Zagreev V.V. *Prirost lesa*. [Growth forests]. Moscow: Lesnaya prom-st', 1981. 200 p.
3. Baginskiy V.F. *Khod rosta drevostoev i ego otrazhenie v tablitsakh i matematicheskikh modelyakh* [The course of growth stands and its reflection in the tables and mathematical models]. *Lesnoe khozyaystvo*, 2011, № 2. pp. 40-42.
4. Buzykin A.I., Okhonin V.A., Sekretenko O.P. i dr. *Analiz prostranstvennoy struktury odnovozrastnykh drevostoev* [Analysis of the spatial structure of even-aged stand]. *Strukturno-funktsional'nye vzaimosvyazi i produktivnost' fitotsenozov* [Structural and functional relationships and productivity phytocenoses]. Krasnoyarsk, 1983. pp. 5-12.
5. Bitkov L.M. *Khronobiologicheskaya kontseptsiya lesovodstvennykh meropriyatiy v slozhnykh el'nikakh na yugo-zapade rayona khvoynno-shirokolistvennykh (smeshannykh) lesov evropeyskoy chasti Rossiyskoy federatsii (Kaluzhskaya oblast')* [Chronobiological concept of silviculture in spruce complex in the southwest area of coniferous and broad-leaved (mixed) forests in the European part of the Russian Federation (Kaluga region): Dis. ... Dr. agric.]. Bryansk: BGITA, 2009. 304 p.
6. Vays A.A., Kuz'michev V.V. *Dinamika morfologicheskikh i prostranstvennykh pokazateley derev'ev v Sredneobskikh borakh* [Dynamics of morphological and spatial parameters of trees in Sredneobskaya elections]. Krasnoyarsk: SibGTU, 2007. 122 p.
7. Verkhunov P.M., Chernykh V.L. *Tsaksatsiya lesa* [Forest taxation]. Yoshkar-Ola: MarGTU, 2007. 395 p.
8. Golikov A. M. *Ekologo-dissimmetriynyy i izofermentnyy analiz struktury model'nykh populyatsiy sosny obyknovennoy* [Ecological-dissimmetry and isozyme analysis of the structure model populations of Scots pine]. *Lesovedenie* [Silvics], 2011. № 5. pp. 46-51.
9. Golikov A.M. *Ekologo-dissimmetricheskyy podkhod v genetike i selektsii vidov khvoynykh*. [Ecological-dissymmetric approach to genetics and breeding species of conifers. LAP LAMBERT Academic Publishing]. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 162 p.
10. Goryachev V.M. *Vliyaniye prostranstvennogo razmeshcheniya derev'ev v soobshchestve na formirovaniye godichnogo sloya drevesiny khvoynykh v yuzhnootaichnykh lesakh Urala* [The influence of the spatial distribution of trees in the community on the formation of the annual ring in the southern taiga coniferous forests of the Urals]. *Ecologies* [Ecology], 1999. № 1. pp. 9-19.
11. Grabarnik P.Ya., Zhenet A., Sekretenko O.P., Bezrukova M.G. *Modelirovaniye prostranstvenno-vremennoy struktury drevostoya s uchetom mekhanizmov konkurentsii mezhdu derev'yami* [Modeling spatial and temporal structure of the stand with regard to the mechanisms of competition between trees]. *Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami: Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. «Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami»* [Scientific basis for sustainable forest management: Proceedings of the Scientific Conference. The scientific basis for sustainable forest management]. Moscow: TsEPL RAN, 2014. P. 100.
12. Davidov M.V. *K voprosu ob ustanovlenii tipov rosta drevostoev v nature* [On the question of establishing a type of growth stands in nature]. *Lesnoy zhurnal* [Forest journal], 1977. № 6. pp. 11-16.
13. Efimov V.M., Tarakanov V.V., Rogovtsev R.V. *Primeneniye metodov mnogomernoy statistiki dlya ranney diagnostiki luchshikh po rostu populyatsiy sosny v geograficheskikh kul'turakh* [The use of multivariate statistical methods for early diagnosis of the best on the growth of pine populations in geographical cultures]. *Khvoynnye boreal'noy zony* [Coniferous of boreal zone], XXVII, № 1-2, 2010. pp. 58-62.
14. Isakov Yu.N. *Ekologo-geneticheskaya izmenchivost' i selektsiya sosny obyknovennoy*: Avtoref. ... dokt. biol. nauk. [Ecological and genetic variability and selection of Scots pine: Dr. biol. sci. diss.]. S-Pb, 1999. 36 p.
15. *Izogi eksperimental'nykh rabot v lesnoy opytnoy dache TSKhA za 1862-1962 gg.* [Results of experimental studies in experimental forest dacha TSHA for the 1862-1962 years]. Moscow: Minsel'khoz SSSR, MSKhA im. K.A. Timiryazeva, 1964. 562 p.
16. Ipatov V.P., Tarkhova T.N. *Kolichestvennyy analiz tsenoticheskikh effektov v razmeshchenii derev'ev po territorii* [Quantitative analysis cenotic effects in the placement of trees on the territory]. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanic journal], 1975. № 9. pp. 1237-1250.
17. Kayryukshtis L. V., Yuodval'kis A. I. *Yavlenie smeny kharaktera vzaimootnosheniya mezhdu individami vnutri vida* [Taxation structure of complex mixed stands]. *Lesovedenie i lesnoe khozyaystvo* [Wood and forestry]. Vyp. II. Minsk: Vysheyschaya shkola, 1976. pp. 16-24.
18. Kishenkov F.V., Bryleva G.V. *Tsaksatsionnaya struktura slozhnykh smeshannykh drevostoev* [Taxation structure of complex mixed stands]. *Agrarnaya nauka* [Agricultural science], 2007. № 12. pp. 9-11.
19. Komarov A.P., Shanin V.N. *Imitatsionnoye modelirovaniye krugovorotov ugleroda i azota v lesnykh ekosistemakh boreal'noy zony* [Simulation modeling of carbon and nitrogen cycles in forest ecosystems of the boreal zone]. *Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami: Materialy Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii. «Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami»* [Scientific basis for sustainable forest management: Proceedings of the Scientific Conference «The scientific basis for sustainable forest management»]. Moscow: TsEPL RAN, 2014. pp. 168-169.
20. Kuz'mina N.A., Kuz'min P.R. *Otbor perspektivnykh klimatipov sosny obyknovennoy v geograficheskikh kul'turakh v krasnoyarskom Priangar'e* [Selection of promising climatypes Scots pine in provenance in Krasnoyarsk Priangare]. *Khvoynnye boreal'noy zony* [Coniferous of boreal zone], 2010. № 1 – 2. pp. 115-117.
21. Kuz'michev V.V. *Zakonomernosti rosta drevostoev* [Regularities of growth stands]. Novosibirsk: Nauka, 1977. 160 p.
22. Kuz'michev V.V. *Ekologo-tsenoticheskie zakonomernosti rosta odno- i vozrastnykh sosnykh drevostoev* [Ecological-coenotic of growth of even-aged pine stands: Dr. biol. sci. diss.]. Krasnoyarsk, 1980. 31 p.

23. Lebkov V.F. *Metod sostavleniya tablits khoda rosta i opredeleniya optimal'noy gustoty nasazhdeniy* [The method of compiling tables of growth and determine the optimum planting density]. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry], 1965. № 2. pp. 19-23.
24. Lebkov V. F. *Tipy stroeniya drevostoev* [Types of buildings stands]. *Lesovedenie* [Silvics], 1989. № 4. pp. 12-20.
25. Marchenko I.P. *Biopole lesnykh ekosistem* [Biofield forest ecosystems]. Bryansk: BGITA, 1995. 188 p.
26. Marchenko I.P., Marchenko P.I. *Netraditsionnoe lesovodstvo: Avtorskiy kurs/Red. E.P.Murakhtanov* [Unconventional forestry: Original course]. Bryansk: BGITA, 1998. 419 p.
27. Maslakov E. L. *Ob osobennosti rosta i differentsiatsii derev'ev v molodnyakakh sosny* [On the features of growth and differentiation in young pine trees]. *Vosstanovlenie i melioratsiya lesov Severo-Zapada RSFSR* [Restoration and reclamation of forests of the Northwest RSFSR]. Leningrad: LenNIIKh, 1980. pp. 53-61
28. Merzlenko M.D., Babich N.A. *Teoriya i praktika iskusstvennogo lesovosstanovleniya: uchebnoe posobie* [and practice of artificial regeneration: a tutorial]. Arkhangel'sk, 2011. 239 p.
29. *Modelirovanie dinamiki organicheskogo veshchestva v lesnykh ekosistemakh* [Modelirovanie Dynamics of organic matter in forest ecosystems]. Moscow: Nauka, 2007. 380 p.
30. Nagimov Z.Ya. *Zakonomernosti rosta i formirovaniya nadzemnoy fitomassy sosnovykh drevostoev* [Regularities of growth and the formation of above-ground biomass of pine stands: Dr. agric. sci. diss.]. Ekaterinburg: UGLA, 2000. 409 p.
31. Polyakov A.N., Ipatov L.F., Uspenskiy V.V. *Produktivnost' lesnykh kul'tur* [Productivity of forest crops]. Moscow: Agropromizdat, 1986. 240 p.
32. Razin G.P. *Izuchenie i modelirovanie khoda rosta drevostoev razlichnoy gustoty (na primere el'nikov Permskoy oblasti): Metodicheskie rekomendatsii* [Study and modeling of the course of growth stands varying density (for example, spruce stands of the Perm region): Methodical recommendations]. Leningrad: LenNIIKh, 1977. 43 p.
33. Razin G.P. *Dinamika somknutosti odnoyarusnykh drevostoev* [Dynamics of crown density one-tier stands]. *Lesovedenie* [Silvics], 1979. № 1. pp. 23-25.
34. Razin G.P., Rogozin M.V. *O khode rosta drevostoev. Dogmatizm v lesnoy taksatsii* [Progress growth stands. Dogmatism in forest inventory]. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya Biologiya* [Bulletin of the University of Perm. Biology series], 2009. № 10 (36). pp. 9-38.
35. Razin G.P., Rogozin M.V. *O metodicheskikh podkhodakh postroeniya eskizov tablits khoda rosta* [About the methodical approaches of sketching tables of growth]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest inventory and forest management], № 1-2, 2011. pp. 48-57.
36. Razin G.P., Rogozin M.V. *O tablitsakh khoda rosta normal'nykh (somknutykh, polnykh) drevostoev (o dogmatizme v lesnykh naukakh)* [On the tables of the growth of normal (closed, full) stands (dogmatism in forest sciences)]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest inventory and forest management], 2012. № 2. pp. 10-16.
37. Reymer N.F. *Ekologiya (teorii, zakony, pravila, printsipy i gipotezy)* [Ecology (theories, laws, rules, principles and hypotheses)]. Moscow: Rossiya molodaya, 1994. 367 p.
38. Rogozin M. V. *Seleksiya sosny obyknovennoy dlya plantatsionnogo vyrashchivaniya* [Selectia of Scots pine with a view to of cultivation on plantations]. Perm': PGNIU, 2013. 200 p. <http://www.elibrary.ru>
39. Rogozin M.V., Golikov A.M., Razin G.P. *O vyrashchivanii lesa na sukhikh pochvakh: teoreticheskie podkhody* [On the cultivation of forests on dry soils: theoretical approaches]. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. natural resources], 2014. № 3 (23). pp. 5-17.
40. Rogozin M.V., Razin G.P. *Lesnye kul'tury Teploukhovykh v imenii Stroganovykh na Urale: istoriya, zakony razvitiya, seleksiya eli* [Forest cultures Teploukhova in the estate Stroganoff in the Urals: history, laws of development, selection of spruce]. Perm': PGNIU, 2012. 210 p. <http://www.elibrary.ru>
41. Rogozin M.V., Razin G.P. *Voprosy ontogeneza i dinamiki drevostoev* [Questions ontogeny and dynamics of forest stands]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo* [Forest inventory and forest management], 2013. Vyp. 2(50). pp. 23-32.
42. Romanov E.M., Nureeva T.V., Eremin N.V. *Iskusstvennoe lesovosstanovlenie v Srednem Povolzh'e: sostoyanie i zadachi po sovershenstvovaniyu* [Artificial regeneration in the Middle Volga: status and tasks on improvement]. *Vestnik PGU. Seriya: Lep. Ekologiya. Prirodopol'zovanie* [Bulletin of the Volga State Technological University. Series: Forest. Ecology. natural resources], 2013. № 3. pp. 5-14.
43. Ryabokon' A.P. *Produktivnost' sosnovykh nasazhdeniy i kachestvo drevesiny v nikh pri uskorennoy vyrashchivanii na pilovochnik i balansy* [Productivity of pine plantations and wood quality in them at an accelerated growing for sawlogs and pulpwood]. *Lesnoy zhurnal* [Forest Journal], 1990. № 6. pp. 19-24.
44. Savich Yu.M. *Rost i produktivnost' sosnovykh kul'tur* [Growth and productivity of pine crops]. *Nauch. tr. Ukr. Akadem. s.-kh. nauk* [Sci. works of Ukr. Academy of agric. Sciences]. Kiev, t.13, 1960. pp. 48-53.
45. Svalov N.N. *Modelirovanie proizvoditel'nosti drevostoev i teoriya lesopol'zovaniya* [Modeling of performance stands and forest management theory]. Moscow: Lesnaya prom-st', 1979. 216 p.
46. Semechkin I.V., Ziganshin R.A. *O primenении tablits khoda rosta i o landshaftnom opredelenii granits taksatsionnykh uchastkov pri lesoustroystve* [On the application of tables of growth and determining the boundaries of the landscape at forest taxation plots]. *Lesnaya taksatsiya i lesoustroystvo*. V. 1 (39), 2008. pp. 73-82.
47. Sennov P.N. *Ukhod za lesom: ekologicheskie osnovy* [Forest care: ecological bases]. Moscow: Lesn. prom-t', 1984. 127 p.
48. Titov E.V. *Plantatsionnoe lesovodstvo* [Plantation forestry]. Voronezh: VGLTA, 2012. 101 p.
49. Titov Yu.V. *Effekt gruppy u rasteniy* [Group effect in plants]. Leningrad: Nauka, 1978. 151 p.
50. Tyabera A.P. *Modelirovanie proizvoditel'nosti i tovarnosti sosn* Modeling of performance and marketability of pine stands of different density under the Lithuanian SSR *ovykh drevostoev raznoy gustoty v usloviyakh Litovskoy SSR* [Modeling of performance and marketability of pine stands of different density under the Lithuanian SSR. Cand. agric. Sci. diss.]. Bryansk, 1980. 20 p.
51. *Ukazaniya po lesnomu semenovodstvu v Rossiyskoy Federatsii* [Instructions for forest seed in the Russian Federation]. Federal Forestry Service of Russia. Moscow, 2000. 197 p.
52. Chernov N.N. *Biotektonika – metodologicheskaya osnova izucheniya form v zhivoy prirode* [Biotektonika – methodological basis of the study of forms in living nature]. Ekaterinburg: UGLTU, 2013. 137 p.
53. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nil'son P., Buluy Yu.I. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii* [Tables and model the course of growth and productivity of the main tree species in North Eurasia (normative reference materials)]. Moscow, 2008. 886 p.
54. Shevelev I.Sh. *Metazyazyk zhivoy prirody* [Metalanguage of living nature]. Moscow: Voskresen'e, 2000. 352 p.