УДК 581.9: 582.47: 630*165
AGRIS: F40

ПЛОЩАДЬ ПИТАНИЯ ДЕРЕВА: АНАЛИЗ МЕТОДОВ

©Рогозин М. В., *ORCID: 0000-0003-3206-9881, SPIN-код: 3259-3065, д-р биол. наук,*
Пермский государственный национальный исследовательский университет,
г. Пермь, Россия, rog-mikhail@yandex.ru

NUTRITION AREA OF TREE: ANALYSIS OF METHODS

©Rogozin M., *ORCID: 0000-0003-3206-9881, SPIN-code: 3259-3065, Dr. habil.,*
Perm State University, Perm, Russia, rog-mikhail@yandex.ru

Аннотация. Проанализировано изучение индивидуальных площадей питания деревьев. Сравнивали методы: измерение расстояний между деревьями, полигоны роста с простым делением расстояний между соседями, полигоны с делением расстояний между соседями пропорционально их диаметрам, выборочные круговые площадки и «социальные группы» с отношением суммы диаметров крон соседей к диаметру кроны центрального дерева. Рассматривались крупные работы, в которых эти методы использовали или применяли рекомендации по уходу за лесом на их основе. Логический анализ показал, что если принималось положение о том, что чем больше размеры деревьев, тем больше и приходящиеся им площади питания, то тогда для их оценки использовались три зависимых переменных величины: прирост дерева (1); диаметр дерева или размер кроны (2); площадь питания дерева, определяемая по расстояниям от соседей пропорционально их размерам (3). Так как первая и третья величины зависят от второй, то первая величина будет зависима от третьей. Поэтому независимой переменной для расчета площади питания будет ее значение, определяемое по полигонам с простым делением расстояний между соседями. Другой независимой переменной будет среднее расстояние до ближних соседей. Все другие методы оперируют зависимыми переменными величинами. Они некорректны для расчета силы влияния площадей питания деревьев на их размер и прирост.

Abstract. The study of individual areas of tree nutrition is analyzed. The methods were compared: measurement of distances between trees, polygons of growth by simple division of distances between neighbors, polygons with division of distances between neighbors in proportion to their diameters, circular tests and “social groups” with the ratio of the sum of the diameters of the Krones of neighbors to the diameter of the crown of the central tree. Considered the major works in which these methods used or applied recommendations for the care of the forest on their basis. Logical analysis showed that if the assumption was made that the larger the size of the trees, the greater the area of feeding that came to them, then three mutually dependent variables were used: the tree increment (1); diameter of the tree or crown size (2); the tree nutritional area, determined from the distances from neighbors, is proportional to their size (3). Since the first and third quantities depend on the second, the first quantity will depend on the third. Therefore, an independent variable to calculate the area of power will be its value, determined by the polygons with a simple division of distances between neighbor’s. Another independent variable is the average distance to the nearest neighbor’s. All other methods operate with dependent variables. They are incorrect for modelling and calculating the strength of the influence of tree feeding areas on their size and growth.

Ключевые слова: древостой, площадь питания дерева, методы определения, оценка.

Keywords: forest stands, nutrition area of tree, methods of determination, evaluation.

Введение

Вопрос о площади питания дерева обычно рассматривают при моделировании структуры насаждений. Модели лесных насаждений относятся к биологическим моделям высшего порядка — популяционно–биоценотического уровня организации [1]. Они являются переводом положения учения о биогеоценозах В. Н. Сукачева от словесного описания на более высокий уровень формализации вплоть математического описания. Входами в модель служат независимые переменные, выходами — зависимые. Модель не вскрывает механизмы явления, оставляя интерпретацию результатов специалистам. Моделировать экосистему означает понять ее структуру, взаимосвязи между элементами и внешними факторам и, как следствие, прогнозировать ее развитие с последующим выбором оптимального управленческого решения [1].

В этом процессе познания лесных экосистем делаются лишь первые шаги, несмотря на вековой опыт лесоводства, где управление их развитием осуществлялось во многом интуитивно, а также проверкой на практике множества предлагаемых видов рубок и их вариантов. Изучение горизонтальной структуры древостоев пока ограничивается верификацией (проверкой согласия) реального размещения деревьев на площади с их математическими моделями регулярного, случайного и кластерного размещения, а также их сочетаний [2]. Типы эти известны и встречаются повсеместно в лесах любого возраста и состава. Но до уровня понимания взаимосвязей между действием внешних, а также внутренних фитоценотических факторов и образованием столь сложных структур дело еще не дошло. Остается неясным, какие факторы формируют случайный и кластерный типы, какой тип лучше, в каком возрасте, в каких почвенных условиях и т. д. Происходит лишь фиксация этих типов. Далее нужно искать причины столь разных типов поселения растений, а этого пока нет. Случайный тип возникает в результате конкуренции, а кластерный? Почему бы при групповом размещении растений не взять на проверку идеи партнерства и толерантности деревьев, причем не только разных видов, но и одной породы. Пока эти механизмы, а также сила влияния факторов (независимых переменных величин, действующих на модель на входе) остается неясной. Поэтому гомеостаз лесных экосистем мы объясняем лишь частично и в самых общих чертах, а развитие древостоя прогнозируем не точно. В результате управленческие решения принимаются иногда не верно, а лесоводство по-прежнему опирается на давние правила ухода за лесом с их слабой теоретической основой.

Цель работы — анализ методов расчета площади питания деревьев, с выбором независимых переменных величин для ее определения.

Понятия, термины и предпосылки

В сельскохозяйственной науке среднюю площадь питания растений рассчитывают, исходя из густоты стояния растений на 1 м^2. Далее определяют сторону квадрата с такой же площадью и считают ее средним расстоянием между растениями [3].

Наиболее обширные исследования площади питания дерева в сосновых древостоях различной густоты на Урале были проведены З. Я. Нагимовым с использованием данных 270 пробных площадей во всех типах леса разного возраста, растущих в диапазоне 1–5а классов бонитета [4]. Средняя площадь питания дерева рассчитывалась делением размера пробной

площади на число деревьев на ней. При моделировании и подборе уравнений было выяснено, что две независимые переменные: возраст и средняя площадь питания дерева объясняли 92,5–96,2% изменчивости среднего диаметра древостоев; было подобрано уравнение и для высоты древостоев, в котором в зависимости от класса бонитета коэффициенты детерминации колебались от 0,875 до 0,934, т. е. возраст и средняя площадь питания дерева объясняли 88–96% изменчивости средней высоты и диаметра древостоев [4, с. 95–96].

Столь сильное влияние средней площади питания дерева (густоты насаждения) на показатели роста древостоя: среднюю высоту и средний диаметр деревьев вызывает повышенный интерес к ее изучению на индивидуальном уровне — на уровне отдельного дерева и его окружения.

Однако здесь начинаются сложности, связанные с конкуренцией деревьев. Поэтому применяют специфические методы с выдвижением ряда положений, которые следует подробно обсудить прежде, чем начинать анализ понятия «площадь питания дерева». Для начала возьмем длинную цитату из работы З. Я. Нагимова [4], посвященную этому вопросу. На взгляд автора, «… при определении площадей роста деревьев следует руководствоваться следующими предпосылками:

1. Вся площадь насаждения, за исключением больших прогалин и окон, полностью используется произрастающими в нем деревьями.

2. Каждое дерево в насаждении в процессе конкурентных взаимоотношений с соседями использует для своего роста определенную площадь в соответствии со своими размерами и особенностями пространственного окружения.

3. Площадь роста в известной степени является условной, границы ее в насаждении могут быть выражены неясно вследствие возможного взаимного перекрытия корневых систем деревьев. В данном случае допускается, что проникновение корней деревьев в сферу питания других взаимно компенсируется» [4, с. 82].

Эти предпосылки (вводные положения) предлагается учитывать и следовать им при расчете индивидуальной площади питания, а далее моделировании ее оптимальных параметров [4]. Однако они отражают, порой неявно, некоторые не выясненные, а также односторонние представления о горизонтальной структуре насаждения.

Так, из позиции 1 следует, что прогалины и окна следует исключать при исследовании площади питания, возможно, потому, что они «случайны», а также потому, что деревья используют их не полностью. Из этого вводного положения вытекает методика отбора модельных деревьев, которые следует находить вдали от прогалин и окон, т. е. в более густых местах насаждения. Между тем, эти неоднородности структуры, а также скопления деревьев (биогруппы) органично возникают в любых естественных насаждениях и лесных культурах и сохраняются с возрастом длительное время, вплоть до старости [6–9]. Т. е. прогалины и окна в пологе насаждения нельзя исключать при изучении индивидуальных площадей питания деревьев, и этот вопрос принципиален. Сторонники математических методов при анализе площади питания дерева будут настаивать на их случайном характере; однако те же математики при анализе горизонтальной структуры будут настаивать на закономерном их появлении. Получается, что, детально изучая один вопрос (площадь питания дерева), упускается из виду другой (структура древостоя в целом).

Позиция 2 учитывает лишь конкурентные отношения соседствующих деревьев. Их результатом является захват деревом определенной площади питания, соответствующей его размерам и размерам соседей. Развивая этот вопрос в русле учения о биогеоценозах В. Н. Сукачева, в последнее время он получил развитие в расчетах «областей доминирования» у сосны, подобных территории доминирования у мелких млекопитающих [10]. Далее этот

метод сразу нашел практическое применение в рубках ухода [11]. Заметим, однако, что взаимодействие между деревьями не ограничивается одной только конкуренцией, которая является основной в трактовке насаждений как сообщества растений, объединенных борьбой за существование [12]. Есть и другие взаимодействия, и конкуренция (доминирование) — только одна из таких форм. Скорее всего, она будет основной в молодом возрасте в смыкающемся древостое. Но что произойдет к возрасту спелости, когда полог размыкается, причем плотные скопления деревьев (биогруппы) в нем сохранятся, и будет ли конкуренция тогда преобладающей формой взаимоотношений между деревьями? Динамика конкуренции в позиции 2 не отражена, и создается одностороннее представление, что в древостоях любого возраста кроме конкуренции иных взаимоотношений нет.

Позиция 3 признает, что границы площади питания дерева «могут быть выражены неясно». Это вводное положение допускает, что границы эти могут быть выражены более ясно в других случаях (которых в контексте этого высказывания подразумевается как бы даже большинство); далее вводится ссылка на еще один неопределенный параметр — компенсацию корневого питания вследствие взаимного проникновения корней деревьев в сферу питания других деревьев.

В итоге все эти предпосылки, отраженные в позициях 1, 2 и 3, содержат множество неопределенностей; тем не менее, они служат аргументами при обосновании методов расчета площади питания дерева и методики отбора моделей для ее определения. Однако более детальных исследований, чем у З. Я. Нагимова мы не обнаружили; поэтому далее рассмотрим результаты, полученные им при применении разных методов определения площади питания у сосны на Урале, где они изучались на 320 модельных деревьях в возрасте 41–48 лет [4–5]. Касательно этих методов и их кратких названий нужно пояснить, что термины «площадь роста», «площадь питания» и «полигоны питания» многие авторы часто не различают и используют как синонимы. Однако «площадь роста дерева» правильнее было бы называть «площадь *для* роста дерева», так как рост дерева измеряют не площадью, а линейными и объемными показателями (высотой, диаметром, объемом); вероятно, сокращение термина появилось при переводе с немецкого, да так и осталось. Чтобы избежать неточностей, далее мы будем использовать термины «площадь питания» и «полигоны питания», всегда понимая под ними индивидуальные показатели. В отличие от них, *средняя* площадь питания дерева определяется простым делением размера пробной площади, измеряемой в м^2, на число деревьев на ней.

Анализ и обсуждение методов

В упомянутом обширном исследовании [4–5] сравнивалось 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 их диаметрам) и выборочные круговые площадки (метод выборочных проб), а также их варианты, которых получилось 7, включая метод Вейе; итоги их сравнения были подведены в докторской диссертации З. Я. Нагимова [4]. Они показали, что при методе полигонов были нередки «абсурдные результаты», когда площади питания деревьев 4 и 5 классов Крафта оказывались больше, чем у крупных деревьев 1 и 2 классов. Также отмечалось, что в основе большинства методов лежит положение о том, что чем больше размеры деревьев, тем больше и приходящиеся им в насаждении площади питания. Однако автор замечает, что «…на основе этих методов нельзя однозначно ответить на вопрос: обусловлены ли размеры деревьев в данный момент определенными для них площадями роста?» [4, с. 304].

Поясним, что в этом замечании речь идет о том, что если учитывают размеры соседей при выстраивании полигона, то его размер зависит как от размера центрального дерева, так и от размеров соседей. И если дерево крупное, то оно «оттягивает» на себя и большую площадь, т. е. захватывает ее и доминирует на ней. Но при методе Брауна такого не происходит, и если площадь питания крупного дерева вдруг оказывается меньше, чем у более мелкого дерева, то такой результат кажется «абсурдным», если принять идею захвата территории деревом более крупных размеров. Но тогда какой была эта площадь много лет назад, когда дерево было других размеров и у него было больше соседей на той же площади, остается неясным. Иными словами, сомнения здесь касаются принципиально важного вопроса — какой из двух факторов первичен и определяет площадь питания более адекватно: 1) территория, доставшаяся дереву изначально или 2) само дерево своей кроной и корневой системой захватывает себе определенную часть среды обитания и мы фиксируем этот захват (область доминирования) по косвенным показателям — размеру дерева и размерам его соседей. Если мы изучаем первый фактор (доставшаяся дереву площадь), то тогда нужен метод измерения расстояний между соседями и метод Брауна, а если изучаем область доминирования пропорционально размерам соседей, то остальные методы.

Сравнение указанных выше методов и их 7 вариантов З. Я. Нагимовым проводилось оценкой уровня связей площади питания с приростом дерева за 5 лет на четырех участках; выдвигалось положение, что чем выше эта связь, тем точнее метод. Однако сразу заметим, что прирост по диаметру тесно связан с размерами дерева, и у крупных деревьев он выше, чем у мелких особей, и «пропорциональные» полигоны питания также будут больше у крупных и меньше у мелких модельных деревьев. Поэтому теоретически искомые связи с приростом будут невелики в методе расстояний и методе простых полигонов Брауна и более высоки в остальных методах. Именно этот результат и получился [4, с. 305].

Так, корреляционные отношения для метода расстояний между деревьями оказались в пределах 0,25–0,35 (среднее 0,30 по трем оценкам); для полигонов питания по Брауну они колебались в пределах 0,16–0,37 (среднее 0,27 по трем оценкам); для полигонов питания по Штеру они увеличились и были равны 0,58–0,82; для выборочных круговых проб их значения также были выше и составили: а) с тремя деревьями 0,62–0,80; б) с шестью деревьями 0,70–0,92; в) с десятью деревьями 0,72–0,92 и для метода Вейе 0,60–0,84.

Подобное увеличение связей было отмечено и в методе А. К. Полякова [13] при определении площади питания у сосны в виде круга с радиусом, равным среднему расстоянию между соседями, определяемому пропорционально развитию их крон. Заметим, однако, что при измерении площади питания методами «пропорциональных» полигонов А. К. Полякова, Штера и выборочных проб получаемые корреляции и корреляционные отношения с приростом дерева отражают связи между тремя изначально зависимыми переменными величинами:

1. Приростом дерева.
2. Размером дерева (диаметром и высотой ствола, диаметром кроны).
3. Площадью питания дерева, определяемой через область его доминирования, с расчетом полигонов по расстояниям от соседей пропорционально их размерам.

Здесь первая и третья переменные величины зависят от второй; следовательно, первая величина будет зависима от третьей. В таксации леса при составлении разного рода таблиц и моделей тщательно выбирают независимые переменные величины; чаще всего это возраст и типы условий местопроизрастания, иногда густота насаждения. В нашем случае для площади питания дерева независимой переменной будет само значение этой площади, определяемое по полигонам, очерченным по центрам расстояний между деревьями (метод Брауна). Другой

независимой переменной, косвенно связанной с первой и менее точной, будет среднее расстояние до ближайших соседей. Другие методы, основанные на определении площадей питания пропорционально размерам центрального дерева и его соседей (метод Штера, метод Вейе, метод выборочных круговых проб и их варианты) будут давать зависимые переменные величины, которые окажутся некорректными для моделирования структуры древостоя и особенно для выяснения факторов, влияющих на размер и прирост дерева. Эти методы, однако, будут отражать социальный статус дерева по отношению к «доступным ресурсам» [10–11], т. е. световому и корневому питанию, которых, конечно же, достанется больше крупным и меньше мелким деревьям.

В дополнение к зависимым переменным величинам в весьма сложном процессе моделировании оптимальной площади питания З. Я. Нагимов использовал деревья 2–3 класса Крафта, «… как наиболее эффективно использующие свои площади питания для увеличения прироста» [4, с. 315], т. е. применялась типическая выборка из средних деревьев и сублидеров, с исключением из расчетов самых крупных, а также отстающих в росте моделей из ступеней толщины 24 и 4 см. Это было сделано потому, что эти исключаемые модели показали резкое снижение уровня связей текущего прироста с их площадью питания. Корреляционные отношения у них, определенные по методу выборочных проб, методу Штера и способом, предложенным автором, оказались у моделей из класса диаметра 4 см в пределах 0,20–0,29, а у моделей–лидеров с диаметрами 24 см они были равны для этих методов, соответственно, 0,28, 0,18 и 0,28 (в среднем 0,25). Для моделей–сублидеров из ступени толщины 20 см они были в пределах 0,29–0,40. В то же время у средних моделей с диаметрами 8, 12 и 16 см эти значения связей по всем трем указанным методам колебались от 0,38 до 0,59 (в среднем 0,47). На основе этих данных автором сделан важный вывод о том, что рост деревьев высших рангов в меньшей степени зависит от их площади питания [4, с. 316]. Близкие результаты были получены и другими авторами [14–16].

Далее в качестве оптимальной была принята площадь питания, при которой кульминирует частное от деления текущего прироста на величину площади питания. Обширный материал 42 пробных площадей позволил З. Я. Нагимову как бы «расчленить» древостой, моделируя площади питания деревьев 2–4 классов Крафта в 20–95-летних древостоях, и найти кульминацию прироста при площадях питания, принимаемых за оптимальные. Например, для 75-летнего древостоя оптимальной оказалась площадь питания 10–12 м^2. Проверка этих расчетов была проведена по данным зависимости текущего прироста древостоев от их густоты. В результате множества других перекрестных проверок своих данных автор предложил оригинальную формулу [4, с. 306] для определения площади питания деревьев, распределяющей всю площадь древостоя между отдельными деревьями в соответствии с их размерами и окружением. Заметим, что формула эта применима для случая равномерного размещения деревьев; в случае неравномерного их размещения она значительно усложнялась введением специального коэффициента, где учитывалась относительная площадь сечения дерева. Эту относительную площадь сечения определяли делением ее площади на высоту как центрального дерева, так и на высоту окружающих его деревьев. В итоге предлагаемый З. Я. Нагимовым метод расчета пропорциональной площади питания дерева оказывался точным, но весьма сложным.

Заметим, что исключаемые крупные и отстающие в росте модели из ступеней толщины 24 и 4 см, снизившие силу влияния площади питания в 2 раза (от 0,47 до 0,18–0,29), отражают «расчленение» древостоя на три группы (крупные, средние и отстающие 41–48-летние деревья), которое автор использовал как основной аналитический метод при моделировании оптимальной площади питания. Однако здесь следует возразить в связи с

тем, что насаждение всегда представляет собой биологическое целое, обладающее новыми свойствами (свойствами целого), которых не было у его членов — деревьев. Поэтому и моделировать целое, исключая его части, представляется совершенно неправомерным. В особенности исключать крупные деревья — именно они формируют каркас горизонтальной и вертикальной структуры насаждения, и именно по ним составляют таблицы хода роста по так называемой «верхней высоте», по моделям 85 ранга и выше [17]. Это происходит вследствие действия рангового закона роста деревьев в древостое Е. Л. Маслакова [7, с. 97], в соответствии с которым деревья высших рангов роста более устойчивы и «указывают» ход роста древостоя при его ретроспекции по моделям. В отличие от крупных деревьев, рост деревьев средних размеров неустойчив, и от них нужно гораздо больше моделей для получения точных данных о ходе роста древостоя [18–19]. Поэтому разгадать, почему же прирост крупных деревьев оказался слабо связан с их площадью питания, представляется делом чести для исследователей–лесоводов.

О самых крупных деревьях вообще разговор особый, так как среди них выделяют так называемые «плюсовые» деревья, необходимые семеноводству для генетического улучшения лесов. Из обширных исследований З. Я. Нагимова следует, что они обязаны своими размерами приходящейся им пропорциональной площади питания на 25% (см. выше корреляционные отношения для них). Заметим, что все связи, о которых шла речь, были статистически достоверны. Сила (или доля) влияния фактора в виде площади питания которую как раз и фиксировали эти связи, очень важна для лесной генетики и селекции. Она позволяет понять, насколько сильно влияют внешние факторы на фенотип дерева, т. е. его внешний облик, в котором наиболее важен размер ствола.

Повторим, что из данных З. Я. Нагимова для крупных деревьев доля влияния пропорциональной площади питания равна в среднем 25%; близкие данные дает и метод обычных полигонов роста по Брауну, где корреляционные отношения между площадью питания и приростом дерева были равны в среднем 0,27 [4, с. 305]. Влияние генотипа на продуктивность сосны составляет, по мнению многих исследователей, не более 5–10% [20–24]. В итоге получаем суммарную силу влияния этих двух факторов (площади питания и генотипа) на размер дерева равной 30–35%. Остается еще около 70% неизвестного влияния не учитываемых факторов, определяющих изменение размеров деревьев в однородном древостое. Заметим, что данные эти справедливы для сосняков в основном среднего возраста, и неясно, как они меняются с возрастом. Можно только предполагать, что влияние площади питания будет, скорее всего, слабеть и дальше, так как все типы размещения деревьев в насаждении: случайный, кластерный и равномерный существуют длительное время как необходимые элементы его горизонтальной структуры [6–8], а ее неравномерность сохраняется до возраста спелости [25–27].

Казалось бы, детальные исследования З. Я. Нагимова, вобравшие в себя множество идей моделирования, должны были подвигнуть исследователей на использование его подходов, их проверку и совершенствование. Однако каждый исследователь вносит что-то свое и освещает вопрос с иной стороны. Так, А. А. Вайс [9], исследуя структуру кедровых насаждений, приводит 8 корреляций между радиальным приростом и средним расстоянием до соседей, а также с напряженностью конкуренции; среднее значение этих корреляций оказалось равно 0.38, но только в одном случае связь была достоверна. Далее в докторской диссертации [28] автор исследовал уже 75 пробных площадей в самых разных насаждениях из нескольких пород и 596 моделей. При изучении их структуры автор выделял «социальные группы» — искусственные образования с любым случайно выбранным деревом, помещаемым в центр многоугольной выборки, для которого рассчитывали два показателя: а)

среднее расстояние до соседей; б) отношение суммы диаметров крон 1–16 соседей к диаметру кроны центрального дерева. Второй показатель был назван «напряженность конкуренции». В результате этих исследований автор сделал общий вывод «… о слабом влиянии параметров размещения деревьев (асимметрии распределения расстояний, среднего расстояния) на основные объемообразующие показатели (высоту, диаметр на высоте груди, видовое число, видовой цилиндр). Этот вывод подтверждает мнение ученых о том, что структура древостоев формируется в молодом возрасте, а в последующие годы это влияние сглаживается» [28, с. 13–14].

Оптимизация размещения деревьев и развитие древостоя

Слово «сглаживается» в предыдущем абзаце ключевое и означает ослабление связей с возрастом, и причины этого непонятны. Связи и так слабые, следовательно, расстояние до соседей будет влиять на размеры деревьев все меньше и меньше, а связи стремится к более низким значениям, возможно, близким к нулю. Подтверждение ослабления и даже исчезновения влияния площади питания на прирост деревьев и продуктивность древостоев в целом можно найти в работах С. Н. Сеннова [9, 25], где верифицировалась известная модель ухода за лесом на основе оптимизации площадей питания путем разреживаний и равномерного размещения деревьев (модель логического типа).

Истоки этой модели восходят к началу 20 века, когда была предложена идея ухода за «деревьями будущего». Она имманентно существуют и поныне в правилах ухода за лесом [29]. Эту идею, а также идею снижения густоты в насаждениях в момент наибольшей их дифференциации как раз и применяли в опытных рубках в первой половине 20 века, и С. Н. Сенов впервые в России подвел их итоги в 1984 г. В результате теория прореживаний в среднем возрасте оказалась несостоятельна — деревья и древостой почему-то «не слушались» лесовода и не повышали продуктивность, если площади питания у них увеличивали разреживаниями в возрасте старше 40 лет [9, 25].

Подтверждение этого «непослушания» было обнаружено и при теоретико–математическом анализе хода роста древостоев и его изменении при разреживаниях, который смоделировал А. С. Алексеев [30]. Оказалось, что разреживания как прием промежуточного пользования общую продуктивность древостоев не увеличивают. При этом наибольшее влияние на уменьшение запаса к возрасту главной рубки имеет последнее по времени разреживание [31]. Поэтому вполне закономерно интенсивные рубки ухода в среднем возрасте часто имеют своим результатом разрушительные последствия [32].

Есть и еще одна особенность горизонтальной структуры лесных насаждений, в которых естественные скопления деревьев (биогруппы) являются ее непременной частью в любом возрасте, и в них растет 28–57% деревьев [8, 33, 34]. Эту особенность ученые периодически обсуждают, так как она противоречат классическому пониманию лесного биогеоценоза в трактовке В. Н. Сукачева о том, что древостой — это совокупность растений, организованных борьбой за существование [12]. На основе этого положения равномерное размещение растений является целью уходов за структурой древостоя, а также широко применяется при создании лесных культур. Но одна только конкуренция не объясняют многообразие горизонтальной структуры даже простых древостоев, а биогруппы, являясь атрибутом древостоя, дезавуируют все логические модели равномерного размещения деревьев, на которых основаны правила рубок ухода [29, 32].

При обсуждении теоретических положений рубок ухода за лесом эти противоречия часто сглаживают, либо вообще не обсуждают, стараясь не трогать основы существующих правил. Однако вопросы эти возникают вновь и вновь, в связи с тяжелыми последствиями

прореживаний и проходных рубок. Нередко моделирование индивидуальной величины площади питания дерева уводит исследователей в расчеты освещенности, затенения кронами соседей и другие аспекты, включая географическую широту местности [2]. При этом механизмы взаимодействия деревьев, а также само появление биогрупп и существование в них чуть ли не половины деревьев остаются по-прежнему без внятных объяснений. Это, вообще говоря, вполне допустимо для математической модели, которая не обязана вскрывать механизм явления, оставляя интерпретацию моделирования другим специалистам [1].

Однако описание биологических механизмов явления языком математики объясняет лишь внешнюю сторону явления. В этом плане можно приветствовать формализацию взаимодействий между деревьями с иерархическим разделением древостоя на три уровня: древостой, «социальная группа» и отдельное дерево, предложенную А. А. Вайсом, несмотря на искусственность термина «социальная группа», которую признает и сам автор [28]. В этом понятии предлагается объединить промежуточные между фитоценозом и деревом структуры (ценоячейки, биогруппы, куртины, парцеллы), т. е. выделять «мини–древостой» вокруг произвольно взятого дерева. На наш взгляд, площадь питания дерева в «социальной группе» будет близка к методу выборочных проб З. Я. Нагимова [4]. Однако здесь можно отметить, что новый термин в описании известных явлений совсем не означает, что мы понимаем уже их внутренний механизм. Природное явление «древостой» во многом остается пока вещью в себе, а его модели — «черным ящиком», где есть только вход и выход [1].

Заглянуть в этот черный ящик непросто, и это попытался сделать В. М. Горячев, исследуя девственные елово–пихтовые леса Урала [34]. Оказалось, что прирост у деревьев рассредоточен во времени и по территории: деревья с близким типом прироста произрастают, как правило, на значительном расстоянии друг от друга, а в биогруппах растут деревья с разной динамикой прироста, отличающейся максимумами, разнесенными во времени на 7–14 дней. Т. е. деревья с близким типом прироста росли далеко друг от друга, а с разной его динамикой образовывали биогруппы. И это только один слой «упакованных» в «черном ящике» биологических явлений. А есть еще правые и левые формы деревьев с отличиями в диссимметрии и генетике [29]. И все эти явления и связи надо учесть вначале в логических, а далее в математико–статистических моделях.

Логические модели возможных последствий вмешательства в лесную экосистему выстраивает, по сути, каждый лесовод перед тем, как что-то начинает делать с насаждением.

Для логических моделей развития древостоя важно знать, насколько сильно площадь индивидуального питания его деревьев влияет на их размер. Это будет давать представление о том, насколько расстояние до соседа, как внешний для дерева фактор, будет определять, так сказать, суверенитет дерева (независимость его роста от влияния соседей). В проанализированных работах З. Я. Нагимова и А. А. Вайса сила влияния обычных полигонов питания на прирост и размеры дерева оказалась весьма небольшой (в среднем 27%), в отличие от влияния *средней* площади питания дерева в целом по древостою (густоты древостоя), которая как независимая переменная объясняла уже 88–94% изменчивости средних высот и диаметров, о которой мы уже упоминали. Таким образом, на уровне ценоячеек, биогрупп, «социальных групп», одним словом, у отдельных деревьев в окружении ближних соседей, сила влияния площади питания снижается более чем в 3 раза — в сравнении с ее действием на уровне фитоценоза.

Такое резкое снижение вызывает множество вопросов, так как существующая парадигма ориентирует нас на то, что конкуренция в таких мини–древостоях *должна быть* в среднем примерно такой же, как и в древостое, с колебаниями от очень сильной в плотных биогруппах до слабой вблизи окон в пологе. При этом площадь питания (густота) и размеры

деревьев «укажут» нам, где конкуренция выше или ниже. Поэтому возникает стремление применить косвенно отражающие результат этой конкурентной борьбы пропорциональные полигоны питания, хотя сама площадь питания как независимая переменная величина при этом исчезает — она в этих полигонах зависима и от размера центрального дерева, и от размеров соседей. Естественно, ее влияние на прирост дерева возрастет, и связи поднимутся до более высокого уровня.

Следующим важным моментом проанализированных работ является акцент на исследования в средневозрастных насаждениях. И это отчасти понятно, так как именно в них в полную силу видна дифференциация деревьев и их социальный статус, который показывает их потенциальную способность к возрасту спелости достигать тех или иных размеров. Однако в этом возрасте прирост древостоя уже не максимален — он снижается. Его снижение — главная черта морфогенеза средневозрастных насаждений, и как-то повлиять на него в масштабах всего древостоя уже невозможно, так как линия его развития обладает определенной инерцией. После пика прироста, в возрасте примерно 30–45 лет, эту инерцию определяют в сильнейшей степени и генетические причины [29]. Отдельные же деревья прирост сохраняют, и это вводит в заблуждение исследователей, изучающих рубки ухода и работающих с ними, а не с моделями древостоев. Модели древостоев сложнее на порядок, и немногие исследователи ныне отваживаются их изучать.

Так, модели развития сомкнутости полога и сомкнутости крон древостоев в зависимости от их начальной густоты были предложены Г. С. Разиным еще в 1979 г. Они позволили разработать таблицы хода роста и стандартные таблицы полнот и запасов для основных лесообразующих пород в Пермском крае, а далее сформулировать на их основе *закон морфогенеза* одноярусных древостоев. Закон этот конкретизирует действие законов экологии, например, закон популяционного максимума и закон предельной численности популяции. Они известны уже достаточно давно, но их проявления в лесных экосистемах убедительно показал на математико–статистических моделях в виде таблиц хода роста пока только Г. С. Разин [29]. Из его моделей следует, что если оценивать развитие древостоя по суммарному приросту древесины на единице площади, то древостой всего лишь один раз достигает максимума в своем развитии. Этот максимум подвижен: в редких ельниках он наступает в 40–50 лет, а в изначально густых — уже в 15–20 лет. В этот момент наступает и максимум сомкнутости крон и полога, после чего сомкнутость снижается. Ее снижение происходит тем сильнее (и даже разрушительнее для древостоя), чем больше была его начальная густота. Именно так проявляет себя закон морфогенеза одноярусных древостоев в моделях Г. С. Разина.

В этих моделях тренды сомкнутости крон и полога *предопределяют* развитие всех остальных таксационных показателей. Об этом многие исследователи почему-то забывали и по традиции считали главными в развитии древостоев высоту и полноту. Конечно, они важны, но они — лишь следствие работы фотосинтезирующего аппарата, и кроны всего насаждения суммарно определяют его мощность для экосистемы под названием «древостой». Как раз при анализе сомкнутости крон и был открыт Г. С. Разиным закон морфогенеза древостоев, из которого вытекает множество следствий и новые принципы выращивания леса на основе формулы оптимальной густоты [29, с. 213]. Заслугой Г. С. Разина является выделение в развитии древостоев фаз прогресса и регресса, которые детерминированы начальной густотой. Они обуславливает новые принципы ухода за лесом: активные рубки в фазе прогресса и пассивные рубки с удалением только ослабленных деревьев в фазе регресса. В моделях хода роста еловых древостоев, составленных для диапазона начальных густот от

247,0 до 1,17 тыс шт/га (всего 15 моделей) начало фазы регресса таксационных показателей показано затемнением одной из ячеек [29, с. 236–250].

Именно учет действия закона Г. С. Разина позволил З. Я. Нагимову взять среднюю площадь питания дерева (густоту насаждения) в качестве независимой переменной и объяснить ее действием 88–94% изменчивости средних размеров деревьев в насаждениях разного возраста и бонитета. Однако подобных данных нет для отдельного дерева, а также для ценоячеек, биогрупп и «социальных групп», промежуточных между структурой всего фитоценоза и отдельным деревом. Неизвестно, как меняется в них с возрастом сила влияния площади питания дерева на его размер в зависимости, например, от нахождения дерева вблизи, вдали или внутри скопления деревьев (в биогруппах или вне их), а также вблизи или вдали от небольших прогалин и окон. Это необходимо для понимания механизма биологических взаимодействий между деревьями внутри фитоценоза, среди которых, кроме конкуренции, существуют совершенно неизученные явления толерантности и партнерства в освоении достающихся деревьям ресурсов питания.

Заключение

Анализ данных из крупных работ ряда авторов показал, что методы, основанные на выстраивании полигонов питания делением расстояний между соседями пропорционально их размерам и дающие более высокие связи с приростом дерева, содержат зависимые переменные величины. Они не должны использоваться для расчета силы влияния площадей питания деревьев на их размер и прирост. Независимой переменной величиной для расчета площади питания дерева будет ее значение, определяемое простым делением расстояний между соседями и центральным деревом. Другой независимой переменной может быть среднее расстояние до ближайших соседей. При этом модельное дерево выбирают как вблизи прогалин и окон, так и в более густых местах (биогруппах); и те, и другие образования естественны и должны учитываться в моделях структуры насаждений.

Список литературы:

1. Фарбер С. К., Соколов В. А. Методологические основы моделирования древостоев. Красноярск: Дарья-печать, 2005. 79 с.

2. Грабарник П. Я. Анализ горизонтальной структуры древостоя: модельный подход // Лесоведение. 2010. №2. С. 77-85.

3. Синягин И. И. Площади питания растений. М.: Рослельхозиздат, 1975. 384 с.

4. Нагимов З. Я. Закономерности роста и формирования надземной фитомассы сосновых древостоев: дисс. … д-ра с.-х. наук. Екатеринбург, 2000. 409 с.

5. Нагимов З. Я. Оценка методов определения площадей роста деревьев // Леса Урала и хозяйство в них. 1999. №19. С. 82-98.

6. Нестеров В. Г. Вопросы современного лесоводства. М.: ГСХИ, 1961. 384 с.

7. Маслаков Е. Л. Формирование сосновых молодняков. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 168 с.

8. Марченко И. С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА,1995. 188 с.

9. Сеннов С. Н. Уход за лесом: экологические основы. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 127 с.

10. Борисов А. Н., Иванов В. В., Екимов Е. В. Метод оценки пространственного распределения ресурса в экологической нише // Сибирский лесной журнал. 2014. №5. С. 113-121.

11. Борисов А. Н., Иванов В. В., Петренко А. Е. Оценка реакции соснового древостоя Красноярской лесостепи на рубку ухода // Лесоведение. 2014. №4. С. 22-27.

12. Сукачев В. Н. О внутривидовых и межвидовых взаимоотношениях среди растений // Сообщения института леса. Вып. 1. М.: АН СССР, 1953. С. 5-44.

13. Поляков А. К. Определение оптимальной густоты сосны в свежей субори // Лесное хозяйство. 1973. №12. С. 14-18.

14. Мартынов А Н. Зависимость биометрических показателей сосны от площади питания // Лесоведение. 1976. №5. С. 85-88.

15. Тябера А. П. Влияние площади роста деревьев на таксационные показатели и качество древесины сосняков Литовской ССР // Лесоведение. 1982. №2. С. 78-84.

16. Вайс А. А. Связь текущего прироста деревьев с морфологическими и социальными показателями на примере древостоев Восточной Сибири // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2009. №47. С. 113-129.

17. Свалов Н. Н. Моделирование производительности древостоев и теория лесопользования. М.: Лесн. пром-сть, 1979. 236 с.

18. Дворецкий М. Л. О степени устойчивости средних деревьев древостоя с возрастом // Лесной журнал. 1966. №5. С. 18-23.

19. Комин Г. Е. Изменение рангов деревьев по диаметру в древостое // Тр. ИЭРЖ УрФ АН СССР. Вып. 67. Свердловск, 1970. С. 18-26.

20. Исаков Ю. Н. Эколого-генетическая изменчивость и селекция сосны обыкновенной: автореф. дисс. … д-ра биол. наук. СПб: СПбЛТА, 1999. 36 с.

21. Тараканов В. В. Структура изменчивости, селекция и семеноводство сосны обыкновенной в Сибири: дисс. … д-ра с.-х. наук. Новосибирск, 2003. 454 с.

22. Царев А. П. Программы лесной селекции в России и за рубежом. М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2013. 164 с.

23. Рогозин М. В. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания. Пермь: ПГНИУ, 2013. 200 с.

24. Рогозин М. В. Программа селекции сосны и ели по прямым и коррелирующим признакам в Пермском крае // Лесохоз. информ.: электрон. сетевой журн. 2018. №2. С. 16-25.

25. Сеннов С. Н. Итоги 60-летних наблюдений за естественной динамикой леса. СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. 98 с.

26. Маслаков Е. Л. Генезис и динамика социальных структур сосны в фазе индивидуального роста // Таежные леса на пороге XXI века. СПб.: СПбНИИЛХ, 1999. С. 42-51.

27. Рогозин М. В., Красильников П. А. Леса-долгожители вблизи города Перми и их структура // Антропогенная трансформация природной среды. 2017. Вып. 3. С. 165-168.

28. Вайс А. А. Научные основы оценки горизонтальной структуры древостоев для повышения их устойчивости и продуктивности (на примере насаждений Западной и Восточной Сибири): автореф. дисс. … д-ра с.-х. наук. Красноярск, 2014. 33 с.

29. Рогозин М. В., Разин Г. С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы / под ред. М. В. Рогозина. Пермь: ПГНИУ, 2015. 277 с.

30. Алексеев А. С. Энергетическая модель хода роста запаса древостоев и возможности ее применения для решения задач устойчивого управления лесами // Научные основы устойчивого управления лесами: материалы Всеросс. научной конф. М.: ЦЭПЛ РАН, 2014. С. 10-13.

31. Ананьев В. А., Асикайнен А., Вялькkю Э., Герасимов Ю. Ю., Демин К. К., Сиканен Л., Сюнев В. С., Тюкина О. Н., Хлюстов В. К., Ширнин Ю. А. Промежуточное пользование лесом на Северо-западе России. Йоэнсуу: НИИ леса Финляндии, 2005. 150 с.

32. Рогозин М. В. Фантомы теорий рубок ухода // Бюллетень науки и практики. 2017. №4 (17). С. 48-55.

33. Ипатов В. С., Тархова Т. Н. Количественный анализ ценотических эффектов в размещении деревьев по территории // Ботанический журнал. 1975. №9. С. 1237-1250.

34. 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.

References:

1. Farber, S. K., & Sokolov, V. A. (2005). Methodological foundations of forest stands modeling. *Krasnoyarsk: Daria-Press,* 79.

2. Grabarnik, P. Ya. (2010). Analysis of the horizontal structure of a stand: a model approach. *Forest Science,* (2). 77-85.

3. Sinyagin, I. I. (1975). Plants of plant nutrition. Moscow, Roslkhozizdat, 384.

4. Nagimov, Z. Ya. (2000). Regularities of growth and formation of the aboveground phytomass of pine stands: diss. ... of Dr. s.-kh. sciences. *Ekaterinburg,* 409.

5. Nagimov, Z. Ya. (1999). Evaluation of methods for determining the areas of growth of trees. *Forests of the Urals and farming in them,* (19). 82-98.

6. Nesterov, V. G. (1961). Questions of modern forestry. Moscow, *GSHI,* 384.

7. Maslakov, E. L. (1984). Formation of pine young growth. Moscow, Timber industry, 168.

8. Marchenko, I. S. (1995). Bio field of forest ecosystems. Bryansk, BGITA, 188.

9. Sennov, S. N. (1984). Care of the forest: ecological foundations. Moscow, Timber industry, 127.

10. Borisov, A. N., Ivanov V. V., & Ekimov E. V. (2014). Method for estimating the spatial distribution of a resource in an ecological niche. *Siberian Forest Journal,* (5). 113-121.

11. Borisov, A. N., Ivanov, V. V., & Petrenko, A. E. (2014). Evaluation of the reaction of the pine stand of the Krasnoyarsk forest-steppe to the cutting house, *Forest Science,* (4), 22-27.

12. Sukachev, V. N. (1953). About intraspecific and interspecific relationships among plants. *Reports of the Forest Institute. Issue. 1. Moscow, Academy of Sciences of the USSR, 5-44.*

13. Polyakov, A. K. (1973). Determination of Optimal Pine Density in Fresh Subori. *Forestry,* (12), 14-18.

14. Martynov, A. N. (1976). Dependence of biometric indices of pine from the area of feeding. *Forest Science,* (5), 85-88.

15. Tyabera, A. P. (1982). Influence area growth trees on taxation parameters and quality pine wood of the Lithuanian SSR. *Forest Science,* (2), 78-84.

16. Vais, A. A. (2009). Relation of the current growth of trees with morphological and social indicators on the example of the stands of Eastern Siberia. *Polytematic network electronic scientific journal of the Kuban State Agrarian University,* (47), 113-129.

17. Svalov, N. N. (1979). Modeling of productivity of stands and theory of forest use. Moscow, Timber industry, 236.

18. Dvoretsky, M. L. (1966). On the degree of stability of average trees of a stand with age, *Forest journal,* (5), 18-23.

19. Komin, G. E. (1970). Changing the ranks of trees by diameter in a stand. *Tr. IERJ of the USSR Academy of Sciences. Issue. 67. Sverdlovsk, 18-26.*

20. Isakov, Yu. N. (1999). Ecological and genetic variability and selection of Scotch pine: author's abstract ... Dr. Biol. sciences. St. Petersburg, 36.

21. Tarakanov, V. V. (2003). The structure of variability, selection and seed-growing of Scots pine in Siberia: diss. ... of Dr. s.-h. sciences. Novosibirsk, 454.

22. Tsarev, A. P. (2013). Forest selection programs in Russia and abroad. Moscow, VPO MSFU, 164.

23. Rogozin, M. V. (2013). Selection of Scots pine for plantation cultivation. Perm, PGNIU, 200.

24. Rogozin, M. V. (2018). Pine and spruce breeding program of direct and correlated featured in the Perm region. *Lesohoz. Inform.: electron. network log,* (2), 16-25.

25. Sennov, S. N. (1999). Results of 60-year observations of the natural dynamics of the forest. St. Petersburg, SPbNIILH, 98.

26. Maslakov, E. L. (1999). Genesis and dynamics of pine social structures in the phase of individual growth. *Taiga forests on the threshold of the XXI century. St. Petersburg, SPbNIILH*, *42-51.*

27. Rogozin, M. V., & Krasilnikov, P. A. (2017). Forests-long-livers near the city of Perm and their structure. *Anthropogenic transformation of the natural environment,* (3), 165-168.

28. Vais, A. A. (2014). Scientific bases of estimation of horizontal structure of stands for increasing their stability and productivity (for example, plantations of Western and Eastern Siberia): Abstract of thesis. diss. ... of Dr. s.-kh. sciences. Krasnoyarsk, 33.

29. Rogozin, M. V., & Razin, G. S. (2015). Development of stands. Models, laws, hypotheses. Perm, PGNIU, 277.

30. Alekseev, A. S. (2014). Energy model of the growing stock of stands and the possibility of its application for sustainable forest management. scientific conf. Moscow, ZEPL RAS, 10-13.

31. Ananyev, V. A, Asikainen, A., Vyalkkyu, E., Gerasimov, Yu. Yu., Demin, K. K., Sikanen L., Syunev, V. S, Tyukina, O. N., Khlyustov, V. K., & Shirnin, Yu. A. (2005). Intermediate forest use in the North-West of Russia. Joensuu, Forest Research Institute of Finland, 150.

32. Rogozin, M. (2017). Phantoms of theories of thinning forests. *Bulletin of Science and Practice,* 2017, (4), 48-55.

33. Ipatov, V. S., & Tarkhova, T. N. (1975). Quantitative analysis of cenotic effects in the distribution of trees across the territory. *Botanical Journal,* (9), 1237-1250.

34. Goryachev, V. M. (1999). Influence of the spatial distribution of trees in the community on the formation of the annual layer of coniferous wood in the southern taiga forests of the Urals. *Ecology,* (1), 9-19.

Работа поступила
в редакцию 07.06.2018 г.

Принята к публикации
11.06.2018 г.

Ссылка для цитирования:

Рогозин М. В. Площадь питания дерева: анализ методов // Бюллетень науки и практики. 2018. Т. 4. №7. С. 34-47. Режим доступа: http://www.bulletennauki.com/rogozin-m (дата обращения 15.07.2018).

Cite as (APA):

Rogozin, M. (2018). Nutrition area of tree: analysis of methods. *Bulletin of Science and Practice, 4*(7), 34-47.