

630^{x1}
с 28

БЕЛОРУССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ им. С.М.КИРОВА

На правах рукописи

Себастьянов Валерий Дмитриевич

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ РОСТА СОСНОВОГО
НАСАЖДЕНИЯ В УСЛОВИЯХ БЕЛОРУССИИ

06.03.03 - Лесоведение, лесоводство
и защитное лесоразведение; лесные пожары и
борьба с ними

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Минск 1980

Работа выполнена в Белорусском технологическом институте
им. С.М.Кирова

Научный руководитель - кандидат сельскохозяйственных наук,
доцент Ермаков В.Е.

Официальные оппоненты: доктор биологических наук, старший
научный сотрудник Гельтман В.С.,
кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник Багинский В.Ф.

Ведущая организация - Научно-исследовательский институт
экономико-математических методов
планирования при Госплане БССР

Защита состоится "11" мая 1980 г. в 10 час.
на заседании специализированного совета К 056.01.01 в Бело-
русском технологическом институте им. С.М.Кирова по адресу:
220630, г.Минск, ул.Свердлова, 13 в.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белорус-
ского технологического института им. С.М.Кирова

Автореферат разослан "6" мая 1980 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат сельскохозяйственных
наук, доцент

И.Э.Рихтер

Общая характеристика работы

Актуальность темы. В основных направлениях развития народного хозяйства СССР на 1976-1980 годы, принятых XXV съездом КПСС, определены важнейшие задачи, стоящие перед лесным хозяйством страны. Основными являются задачи повышения продуктивности лесов, улучшения видового состава, сокращения сроков выращивания технически спелой древесины и другие. Решению этих задач способствует дальнейшее углубление знаний о закономерностях, которым подчинены процессы роста и развития насаждений - систем взаимодействующих организмов. Без знания этих закономерностей не может быть организовано выращивание технически ценной древесины.

5752ap

Основные законы роста и развития насаждений были выявлены и качественно описаны рядом виднейших русских и советских лесоводов. Широкое распространение получили работы Г.Ф.Морозова, В.Н.Сукачева, а также Г.Р.Эйтингена, Н.В.Третьякова, А.А.Молчанова, И.С.Мелехова, Н.П.Анучина и др. Однако качественные описания перестают устраивать современное лесное хозяйство страны с его непрерывно растущей интенсификацией и все более расширяющимся кругом решаемых проблем. Чрезмерная длительность процесса воспроизводства лесных ресурсов дает в результате замедленный обмен информацией в системе принятия лесохозяйственных решений. Последнее обусловлено длительностью накопления и обобщения опытных данных о результатах антропогенного вмешательства в жизнедеятельность насаждений. Все это сказывается на эффективности и темпах технического прогресса. В этом вопросе уже нельзя обойтись лишь статистической обработкой опытных данных, знанием корреляционных связей между отдельными таксационными параметрами.

Одним из путей интенсификации этого процесса является проведение имитационных экспериментов на системах моделей, в основе которых лежат известные, но формализованные математические законы роста насаждений. Этот путь ведет к значительному расширению сопоставляемых вариантов воздействия на жизнедеятельность насаждений и их совокупностей, к выявлению оптимальных изменений конструктивных параметров лесных биологических систем. Процесс накопления исследовательского опыта при этом расширяется и ускоряется. В результате отпадает необходимость в данных массовых наблюдений и натурном поиске эталонных насаждений. Вместо этого на передний план

выступают инженерный расчет, оперативный анализ альтернативных вариантов и генерация на этой основе оптимальных лесохозяйственных решений.

Целью настоящей работы является построение математически формализованной системы, отражающей динамику процессов роста и их логических связей в сосновом насаждении, на основе современных представлений о принципах функционирования и внутренней организации лесных биологических систем данного класса; анализ и оценка предлагаемого метода построения моделей.

Основные задачи:

- вывод системы уравнений, описывающих динамику ростовых процессов древесного организма, развивающегося под влиянием внешних и внутренних факторов насаждения;
- ввод системы уравнений, описывающих во времени динамику запаса и общей продуктивности соснового древостоя;
- необходимый анализ и уточнение понятия относительной полноты насаждения;
- обоснование и необходимый анализ критерия продуктивности, отражающего экологические свойства местоположения исследуемой лесной системы;
- составление алгоритма модели таблицы динамики продуктивности с целью проверки адекватности построенной математической системы;
- проведение экспериментальной проверки на ЭВМ построенной системы описаний на материалах известных таблиц динамики продуктивности, составленных различными авторами;
- расчет таблиц динамики продуктивности по данным натурных наблюдений на пробных площадях.

Новизна и личный вклад определяется тем, что автором математически описаны основные закономерности роста сосновых насаждений, то есть построена целостная математически формализованная система, описывающая динамику и взаимосвязь ростовых процессов в сосновом насаждении, на основе которой возможно построение различных моделей, в том числе моделей динамики продуктивности сосновых лесов Белоруссии по типам леса. Расчеты, проведенные автором на ЭВМ серий МИНСК и ЕС, подтверждают адекватность системы выведенных уравнений.

Практическое значение имеет построенная система математических описаний, позволяющая при минимальных натуральных измере-

ниях рассчитывать динамику и взаимосвязь основных ростовых процессов в изучаемых насаждениях, производить анализ основных насаждений с точки зрения их оптимизации и регулирования антропогенных воздействий на эти биологические системы. Описание эколого-биологических процессов, протекающих в насаждениях, с помощью уравнений, составляющих единую систему, дает возможность учета особенностей роста древесного вида в тех или иных условиях внешней среды, возможность определения его таксационных характеристик в динамике.

Апробация работы. Основные положения, изложенные в диссертации, докладывались на 43,44,45 научно-технических конференциях по итогам научно-исследовательских работ в Белорусском технологическом институте им.С.М.Кирова /1978-1980/, XXIV научной конференции ЛитСХА /Каунас, 1978/, Республиканской научно-технической конференции молодых ученых и специалистов по рациональному использованию, воспроизводству лесных ресурсов и охране окружающей среды /Гомель, 1978/, Научно-координационном совещании секции лесного хозяйства западного отделения ВАСХНИЛ по применению математического моделирования в лесном хозяйстве /Рига, 1979/, Всесоюзной конференции по применению математических методов и использованию ЭВМ в управлении лесной промышленностью /Химки, 1979/.

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 7 научных работах.

Объем работы. Диссертация изложена на 139 страницах машинописного текста, включая 16 таблиц. Содержит: введение, шесть глав, выводы, список литературы, включающий 212 наименований, в т.ч. 23 на иностранных языках. Приложения представлены на 49 страницах и расположены в конце диссертации.

Содержание работы

I. Рассматриваются основные приемы и методы выявления ростовых закономерностей и их взаимосвязей в насаждениях, которые применялись или применяются в научных исследованиях. Отмечается распространенность применения статистических методов /Антайяйтис В.В., 1973, 1977, Анучин Н.П., 1977, Багинский В.Ф., 1978, Битвинскас Т.Т., 1974, Бочков И.М., 1974, Вагин А.В., 1975, Верхунов П.М., 1975, Воропанов П.В., 1975, Григорян А.А., 1971, Дворецкий М.Л., 1957, Джурджу Р.Я., 1968, Ермаков В.Е., 1975, Загребев В.В., 1978, Зеликов В.Д., 1971, Кондратьев А.И., 1929, Комин Г.В., 1963, Кравченко Г.Л., 1972, Кузьмичев В.В., 1977, Ло-

сяцкий К.Б., 1973, Моисеев В.С., 1974, Моисеенко Ф.П. 1973, Мошлев А.Г., 1973, Мирошников В.С., 1975, Свалов Н.Н., 1979, Труль О.А., 1966, 1978 и др./.

Последнее десятилетие характеризуется исследованиями, направленными на построение математических моделей насаждений, их системный анализ /Антанайтис В.В., 1977, Анучин В.А., 1977, Атрошенко О.А., 1979, Багинский В.Ф., 1973, 1978, Будыко М.И., 1977, Бугаев В.А., 1971, Буш К.К., 1977, Ваганов Е.С., Терсков И.А. 1978, Галицкий В.В., 1975, Гельтман В.С., 1973, 1978, Давидов Н.В., 1979, Дыренков С.А., 1977, Загреев В.В., 1978, Кайржикитис Л.А., Юдовалькис А.И., 1976, Калинин М.И., 1978, Карманова И.В., 1977, Кравченко Г.Л., 1978, Кузьмичев В.В., 1977, Ляна И.Я., 1975, 1977, Ляпунов А.А., 1975, Матузанис Я.К., 1977, Молчанов А.А., 1978, Мелехов И.С., 1979, Никитин К.Е., Швиденко А.З., 1972, 1973, Нильсон А.М., 1979, Рубин А.Б., 1977, Свалов Н.Н., 1979, Смоляк Л.П., 1974, Труль О.А., 1975, Федосимов А.Н., 1973, Юркевич И.Д., 1974 и др./ Математические методы, системный анализ все глубже проникают в науку о лесе. Если принять во внимание бурное развитие математической логики, общей теории систем, теории лингвистических переменных и т.д., становится трудно разделять научные работы на "математические" и "нематематические". В качестве примера достаточно привести широко известные работы виднейших лесоводов /Морозов Г.Ф., 1923, 1959, 1962, Г.Р. Эйтинген 1962, Нестеров В.Г., 1962, Третьяков Н.В., 1927 и др./, стремившихся к выяснению принципов формирования и функционирования лесных систем с помощью качественного и количественного их анализа.

Особый интерес представляют работы Хильми Г.Ф. /1957, 1966, 1976/ по теоретической биогеофизике леса. В этих работах аналитическим путем выводятся уравнения, характеризующие функциональные зависимости динамики запаса, динамики изреживания насаждения и др. от параметров, характеризующих условия местопроизрастания.

Теория дифференциальных уравнений и биофизические методы начинают шире использоваться при исследованиях насаждений /Ляна И.Я., 1975, 1977, Свалов Н.Н., 1979, Комаров А.С., 1975 и др./.

Получает распространение и метод имитационного моделирования /Атрошенко О.А., 1979, Нейлор Т., 1975, фирма Макмиллан-Блонделл, 1978 и др./.

Исследование динамики продуктивности насаждений тесно

смыкается с популяционными исследованиями /Ю. Одум, 1976, М. Уильямсон, 1975 и др./, начало которым было положено, вероятно, в 1845 году уравнением Ферхюльста-Перла, ставшим в настоящее время классическим, как и "Математическая теория борьбы за существование" В. Вольтерра /1933/.

Фундаментальные положения лесоведения направляют исследователя по пути от простого к сложному: от исследования законов жизнедеятельности древесного организма через законы композиции этих организмов в чистые одновозрастные древостои; от чистых насаждений через законы композиции этих биосоциальных /по Г. Ф. Морозову, 1962/ индивидуумов к смешанным насаждениям; от сложных насаждений к изучению антропогенных воздействий и влияния физико-географической обстановки на лесообразование и на свойства леса. Лишь только после изучения этих составляющих возможно изучение самого леса как узла, в котором связаны данные элементы, как природного узла, как биогеографического явления. Последующим этапом должен быть переход к рассмотрению динамики леса в историческом смысле /Г. Ф. Морозов, 1923, 1959, 1962, В. Г. Нестеров, 1962 и др./.

2. В работе конкретизируются программа и методика настоящего исследования. Согласно поставленной цели, необходимо исследовать динамику ростовых процессов, то есть описать математически собственно ростовые процессы и их взаимосвязи хотя бы в обобщенном виде, как того требуют законы моделирования, а не обращаться к описанию разрозненных числовых рядов, характеризующих динамику значений таксационных показателей. Если полученная целостная система уравнений будет адекватна описываемым процессам, то динамика значений таксационных показателей любого типа сосновых насаждений при любых постоянных условиях внешней среды должна быть аппроксимирована с достаточной точностью. Однако главным достоинством должна стать не точность расчета числовых значений той или иной таблицы динамики продуктивности, а возможность анализа данной лесной системы. Это откроет возможность инженерного расчета оптимальных насаждений, возможность сравнительного анализа различных таблиц динамики продуктивности.

Построенная система должна предоставлять возможность расчета всех показателей таблицы динамики продуктивности на основе минимального количества исходных данных, собранных автором. В качестве материала для экспериментальной проверки

используются таблицы хода роста, прошедшие длительную проверку практикой и составленные как по классам бонитета, так и по типам леса. В целях исключения возможного субъективизма исследователя, для опытной проверки взяты таблицы, составленные различными авторами.

Данные массовых наблюдений на пробных площадях могут служить подтверждением адекватности системы уравнений, описывающих динамику ростовых процессов в древостое лишь в том случае, когда произведена систематизация этих данных по типам леса, по конкретным условиям развития исследуемых насаждений. Коль скоро речь идет о математической интерпретации процессов роста и их взаимосвязей, то систематизация данных наблюдений на пробных площадях произведена по типам леса. Типы леса выделялись по совокупности таксационных признаков древостоя с учетом подлеска, живого напочвенного покрова и почвенно-грунтовых условий. В основу выделения и характеристики типов сосновых лесов положена белорусская лесотипологическая классификация, используемая обычно при проведении лесоустроительных работ и лесоводственных исследований в БССР.

Данные наблюдений на 85 пробных площадях, систематизированные по типам леса, обработаны по методике И.М.Бочкова /1974/, реализованной им для ЭВМ МИНСК. Получены таблицы динамики продуктивности по трем типам леса: сосняк кисличный, сосняк шпистый, сосняк черничный.

Аналогичные таблицы получены по разработанной в диссертации методике, при использовании в качестве исходных данных наблюдений на трех пробных площадях. Сопоставление результатов расчета по этим двум алгоритмам показывает преимущества защищаемых теоретических положений, позволяющих разрабатывать новые более рациональные методики составления таблиц динамики продуктивности.

Сильное антропогенное влияние на лесные массивы практически не позволяет накопить массовый материал по предельно сомкнутым насаждениям. Поэтому поиск новых методик исследования, позволяющих получать достоверные и полные данные путем анализа ограниченного количества натуральных наблюдений, приобретает в современных условиях особую необходимость.

3. На основании анализа имеющихся исследований /Берг Л.С., 1947, Битвинская Т.Т., 1966, 1974, Будыко М.И., 1974, 1977, Гельт-

ман В.С., 1973, Кайрюкшис Л.А., 1976, Молчанов А.А., 1953, 1967, 1975, 1978, Смоляк Л.П., 1974, Юркевич И.Д., 1956, 1974 и др./ в работе делается вывод о том, что поскольку мы идем по пути математического описания процессов роста, их динамики и взаимосвязей, то биофизический смысл коэффициентов, полученных в уравнениях, весьма важен. При исследованиях предстоит выявление внешних /экзогенных/ переменных, управляющих ростовыми процессами древостоя. Эти переменные должны оценивать общую реакцию древостоя на условия местопроизрастания. Условно переименовав древостой по географическому району, заметим, что не столько климатические условия заставляют изменяться скорости процессов роста, сколько те почвенные условия, в которые помещается данная система. Здесь же дана краткая характеристика лесного фонда БССР по справочным данным /Романов В.С., 1976, Рублевский С.А., 1976 и др./.

4. Динамика и взаимосвязь ростовых процессов в сосновом насаждении - лесной системе.

При исследованиях учтено:

А. Насаждение есть сложная биокibernетическая система, являющаяся одним из структурных уровней биогеоценоза.

Б. Основным структурным уровнем насаждения является древостой, динамика которого представляет особый интерес с точки зрения лесного хозяйства.

В. Древостой может быть сложным, смешанным и т.д. Поиски элемента данной системы приводят к понятию элемента леса /сингуля, ценопопуляция/ - чистому одновозрастному древостое, который представляет собой неделимый далее компонент системы при данном способе расчленения. В связи с этим особый интерес представляют следующие вопросы:

- динамика древесного организма в пространстве и во времени под влиянием эндо- и экзогенных переменных насаждения;
- взаимодействие древесных организмов в древостое, определяющее динамику популяционных параметров древостоя, под влиянием экзогенных переменных насаждения.

Насаждение относится к вероятностным системам. Точное описание всех внутренних и внешних связей практически невозможно, ввиду огромного их количества. Сложность организации этой биосистемы определяет сложность ее поведения в процессе жизнедеятельности.

Если предположить строгое постоянство воздействий внешних и внутренних условий в насаждении, то ростовые процессы организма протекали бы с постоянным ускорением /отрицательным, нулевым или положительным/, то есть динамику ростовых процессов можно было бы точно рассчитать, зная общие закономерности, диктуемые особенностями данного древесного вида в данных условиях местопроизрастания. Однако колебания воздействий почвенно-климатических условий, компенсируемые биологической устойчивостью насаждения, заставляют ростовые процессы отклоняться от усредненных режимов функционирования данного древесного вида. При составлении таблиц хода роста /ТХР/ насаждений исследователь ищет общую закономерность, абстрагируясь от "случайных" флуктуаций таксационного признака. Таким образом, ТХР характеризуют динамику состояний некоторого абстрактного древостоя, не подверженного флуктуациям. Поэтому ТХР являются удобным объектом для первичной проверки системы, описывающей ростовые процессы древесного организма и древостоя. Описываемый в ТХР абстрактный элемент насаждения, являющийся детерминированной системой, назван в работе элементарной популяцией.

Элементарная популяция /ЭП/ есть сложная динамическая саморегулирующаяся система, взаимодействующая с окружающей средой, образованная множеством взаимосвязанных и взаимодействующих индивидуумов, подчиненная в своем развитии общим закономерностям роста древостоев данного древесного вида.

Индивидуум - сложная динамическая саморегулирующаяся система, взаимодействующая с окружающей средой и подчиненная в своем развитии общим закономерностям роста организмов данного древесного вида.

В работе анализируется влияние, которое оказывают следующие факторы:

- абсолютное распределение фотонов по длинам волн в солнечном спектре, определяющее значение общей интенсивности света в области ФАР - физиологически активной радиации;
- спектры поглощения и квантового выхода фитообъекта;
- температура окружающей среды;
- наличие исходных химических продуктов для реакции фотосинтеза, для построения живых тканей организма.

Учитывая воздействие основных управляющих ростовыми процессами факторов и опираясь на известные закономерности, ко-

торым подчиняется работа камбия, выводятся уравнения, описывающие динамику ростовых процессов древесного организма:

$$d = D\omega; \quad h = H\omega; \quad \omega = th\left(\frac{t}{2T}\right);$$

$$f_s = \left(z \frac{h + \Delta h}{h + \Delta h - x} \right)^2; \quad V = \sigma \omega^3,$$

где d, h, V - соответственно диаметр на относительной высоте, высота и объем ствола древесного организма;

D, H, σ - пределы, к которым стремятся d, h, V при данных условиях внешней среды и времени t , стремящемся к бесконечности;

f_s - старое видовое число, которое необходимо для расчета диаметра на высоте $X = 1,3$ метра;

z - коэффициент, характеризующий особенности формы стволов деревьев данного древесного вида.

Производимые теоретические построения позволяют подтвердить теорию постоянства значений нормального видового числа в сомкнутых древостоях для лесорастительных условий Белоруссии.

Дальнейший анализ исследуемой системы, опирающийся на известные закономерности роста насаждений, позволяет произвести в диссертации вывод следующих уравнений:

$$V = \frac{W}{N^{2/(3\pi-2)}}; \quad W = \sigma n^{2/(3\pi-2)}; \quad B = \frac{2T}{H};$$

$$\text{при } P = \text{const} \quad MN^P = mn^P = W = \text{const}.$$

$$\Pi = \frac{2}{3\left(1 - \frac{V_0}{V}\right)}; \quad P = \frac{4-3\Pi}{3\Pi-2}; \quad K = \frac{1}{P+1},$$

где

V, N, M - соответственно объем ствола, число стволов и запас древостоя в заданный момент времени;

σ, n, m - пределы, к которым стремятся V, N, M в данных условиях внешней среды при времени, стремящемся к бесконечности;

Π - относительная полнота;

V_0 - средний объем ствола, элиминируемый /исключаемый/ насаждением в результате конкурентной борьбы, ин-

тенсивность которой характеризуется значением коэффициента "К";

T - возраст, в котором прирост по запасу имеет точку максимум;

B - тау-бонитет, позволяющий судить о качестве условий местопроизрастания применительно к данному древостою.

Формула тау-бонитета получается следующим образом: уравнение динамики высоты решается относительно " t ", дифференцируется, а результат подвергается анализу. При значении $h = 0$, ЭП характеризуется некоторым начальным значением скорости роста в высоту " ζ ". Значение полученного коэффициента уменьшается при ухудшении условий местопроизрастания, при улучшении же - увеличивается. Поскольку в практике традиционно принято, что значение индекса класса бонитета увеличивается с ухудшением условий, вводим коэффициент, обратный тау-коэффициенту и определяющий количество лет в некотором начальном возрасте древостоя, необходимое для увеличения высоты ЭП на один метр. Коэффициент назван в работе тау-бонитетом и рассчитывается, как и все прочие параметры ЭП, по данным наблюдений на пробной площади или аналогичным данным любой таблицы хода роста. В формулу тау-бонитета входят и характеристика традиционного класса бонитета, который определяется через "H". Поэтому построенная система одинаково точно аппроксимирует таблицы динамики продуктивности, составленные по типам леса и по классам бонитета, позволяя давать сравнительные оценки различным таблицам.

Таблица I.

Сопоставление вычисленных тау-бонитетов с классами бонитета

Класс бонитета:	Значение тау-бонитета:	вычисленное по данным:	
М.М.Орлова	А.В.Тюрина	Ф.П.Михневича	
I-a	1,92	1,99	1,85
I	2,31	2,26	2,30
II	2,81	2,62	2,83
III	3,56	3,15	3,51
IV	4,75	3,64	4,35
V	-	5,01	5,67

Примечание. Графа "по данным М.М.Орлова: вычислена по бонитировочной шкале М.М.Орлова /1973/; остальные - по таблицам хода роста А.В.Тюрина /1962/, Ф.П. Михневича /1962/.

Значения тау-бонитета для таблиц динамики продуктивности основных насаждений Белоруссии по типам леса /В.Е.Ермаков, 1973/: сосняк кисличный - 1,87, сосняк черничный - 2,08, сосняк мшистый - 2,23. По нашим данным соответственно 1,84; 2,13; 2,27.

На основе приведенных уравнений выводятся прочие, необходимые для построения и анализа таблицы динамики продуктивности, уравнения: скорости и ускорения изменения запаса насаждения, коэффициента конкуренции, общей продуктивности, формулы для расчета и приведения характеристик насаждения к иной полноте, а также другие.

5. В работе произведена опытная проверка результатов исследования. Все параметры построенной системы анализа древостоя рассчитываются на основе следующих исходных данных:

- средняя высота насаждения;
- средний диаметр на высоте груди;
- число деревьев или запас ствольной древесины;
- высота среднего дерева данного древостоя в возрасте, равном половине текущего /вычисляется по данным анализа древесного ствола по формулам, выведенным в работе/;
- значение относительной полноты или значение коэффициента внутрисистемной конкуренции /устанавливается по выведенным формулам или по местной таблице динамики продуктивности, или по Стандартной таблице сумм площадей сечений и запасов при полноте 1,0/.

На основе приведенных исходных данных рассчитываются все таксационные характеристики таблиц динамики продуктивности основных насаждений. Полученные при расчете параметры ЭП позволяют анализировать эколого-биологические свойства исследуемой лесной системы. Поясним на примере.

Изложенные в работе положения позволяют провести сравнительный анализ ТХР, составленных А.В.Тюриным /1962/ и Варгас-де-Бедемаром /1967/ для сосны I-а бонитета. В ТХР Варгас-де-Бедемара в скобках дополнительно проставлен I местный бонитет. Рассчитав необходимые параметры ЭП, видим, что разница в динамике показателей определяется различием значений параметров "Н" и "Т", значения которых характеризуют разницу в структурной организации этих древостоев. Если $H = 39,16$ в ТХР А.В.Тюрина свидетельствует о принадлежности данной ЭП к I-а бонитету, то $H = 34,88$ в ТХР Варгас-де-Бедемара несом-

Таблица 2

Сопоставление данных хода роста сосняка черничного /*Pinetum myrtillosum* /
(по В.Е. Ермакову) с расчетными данными

Возраст	Высота	Высота	% откл.	Сумма	Сумма	% откл.	Запас	Запас	% откл.
	табл.,	расч.,		пл. сеч.	пл. сеч.		табл.,	расч.,	
	(м)	(м)		(м ²)	(м ²)		(м ³)	(м ³)	
10	4,8	4,74	- 1,2	13,7	14,01	+ 2,3	44	48,03	+ 9,2
20	9,2	9,15	- 0,6	23,1	23,16	+ 0,2	115	115,11	+ 0,4
30	13,0	13,00	-	29,0	28,40	- 2,1	190	184,36	- 3,0
40	16,2	16,16	- 0,2	32,0	31,78	- 0,7	251	246,41	- 1,8
50	18,5	18,63	+ 0,7	34,0	34,06	+ 0,2	298	297,96	-
60	20,5	20,50	-	35,5	35,62	+ 0,3	338	338,39	+ 0,1
70	21,7	21,87	+ 0,8	36,3	36,69	+ 1,1	368	368,80	+ 0,2
80	22,4	22,85	+ 2,0	36,9	37,43	+ 1,4	390	391,02	+ 0,3

14

Таблица 3

Сопоставление данных хода роста чистого соснового древостоя I-A бонитета
(по А.В. Тюрину) с расчетными данными

Возраст, (год)	Высота	Высота	% откл.	Сумма	Сумма	% откл.	Запас	Запас	% отклонения
	табл.,	расч.,		пл. сеч.	пл. сеч.		табл.,	расч.,	
	(м)	(м)		(м ²)	(м ²)		(м ³)	(м ³)	
20	9,6	9,86	+ 2,7	24,3	24,93	+ 2,6	112	136,84	+ 16,8
30	14,3	14,40	+ 0,7	33,8	32,36	- 4,3	224	227,75	+ 1,7
40	18,4	18,54	+ 0,8	40,6	37,88	- 6,7	339	329,41	- 2,8
50	22,2	22,20	-	45,0	42,15	- 6,3	447	423,78	- 4,1
60	25,3	25,37	+ 0,3	47,9	45,50	- 5,0	538	521,10	- 3,2
80	30,0	30,29	+ 1,0	51,4	50,21	- 2,3	680	675,10	- 0,7
100	33,6	33,60	-	53,3	53,13	- 0,3	785	785,76	+ 0,1
120	36,0	35,74	- 0,7	54,6	54,92	+ 0,6	857	859,87	+ 0,3
140	37,5	37,08	- 1,1	55,0	56,01	+ 1,8	895	907,35	+ 1,4

15

Таблица 4

Сопоставление расчетных данных дубняка грабово-черничного с
исходными данными Ф.П.Моисеенко /1973/

Возраст	Высота табличн.	Высота расчетн.	Процент откл.	Запас табличн.	Запас расчетн.	Процент откл.
30	8,7	8,7	-	85	85	-
40	11,4	11,3	- 0,9	132	126	- 4,5
50	13,7	13,7	-	174	167	- 4,0
60	15,8	15,8	-	214	207	- 3,3
70	17,6	17,6	-	250	245	- 2,0
80	19,1	19,2	+ 0,5	281	279	- 0,7
90	20,4	20,6	+ 1,0	309	309	-
100	21,6	21,8	+ 0,9	334	335	+ 0,3
110	22,6	22,7	+ 0,4	356	357	+ 0,3
120	23,5	23,5	-	376	376	-
130	24,2	24,2	-	392	392	-
140	24,8	24,7	- 0,4	406	405	- 0,2
150	25,3	25,1	- 0,8	417	415	- 0,5
160	25,6	25,5	- 0,4	424	424	-
170	25,8	25,8	-	429	431	+ 0,5
180	26,0	26,0	-	434	437	+ 0,7

Примечания:

I. Дополнительные данные для анализа ТХР

	В таблице 2;	в таблице 3;	в табл. 4
- относительная полнота П	П = 1,01;	П = 1,00;	П = 1,00;
- тау-бонитет..... В	В = 2,08;	В = 1,99	В = 3,34;
- предел в данных условиях:			
высота	Н = 25,10 М;	Н = 39,16;	Н = 27,18
диаметр на высоте груди Д	Д=26,02 см;	Д = 46,87;	
видовое число..... F	F = 0,453;	F = 0,435;	
объем ствола..... φ	$\varphi=0,6035 \text{ м}^3$;	$\varphi = 2,940$;	$\varphi = 1,59$;
число стволов..... n	n = 752;	n = 336;	n = 293;
запас..... m	m = 454 м^3 ;	m = 989;	m = 466;
внутрисистемн. конкуренц. К	К=0,515;	К = 0,500;	К = 0,500;
Т	Т = 26,2 лет;	Т = 38,9;	Т = 45,4;
ζ	$\zeta = 0,480 \text{ м/год.}$	$\zeta = 0,504$;	$\zeta = 0,299$;

2. Рассчитанные данные по общей продуктивности приведены в приложении к диссертации.

ненно говорит о I классе бонитета. В то же время значения тау-бонитетов практически равны: ТХР А.В.Тюрина - I,99; ТХР Варгас-де-Бедемара - I,97. Тау-бонитеты свидетельствуют о кисличном типе леса. ЭП во втором случае переходит с возрастом из I-а в I класс бонитета /по М.М.Орлову/, что нередко наблюдается в природе. Общая же продуктивность сравниваемых ТХР весьма близка и находится в пределах I-а класса бонитета /в пределах кисличного типа леса/. Если бы мы получили на пробной площади данные аналогичные ТХР Варгас-де-Бедемара, следовало бы предпринять поиск лесоводственных мероприятий /рубки ухода и др./, обеспечивших бы структуру данного древостоя /форму, размеры ствола индивидуума/ на уровне I-а класса бонитета, если почвенно-климатические условия неизменны.

Аналогичный, но более расширенный анализ необходим при химическом, биологическом вмешательстве /мелиорация/, а также в случае расчета оптимального насаждения /зеленая зона, эксплуатируемые леса и т.д./. Получение необходимых данных вручную является весьма трудоемким процессом, однако разработка соответствующего пакета программ облегчит задачу.

6. Экономическая эффективность исследований.

Экономический эффект от внедрения изложенных в работе теоретических положений определить довольно сложно, поскольку использование их при управлении насаждениями трудно поддается денежной оценке. В то же время, при составлении таблицы динамики продуктивности с использованием построенной системы требуется в 10 - 17 раз меньшее количество исходных наблюдений, что по действующим нормам В/О Леспроект уменьшает стоимость работ на 800-1000 рублей. При этом отпадает необходимость поиска древостоев с полнотой I,0, поскольку имеется возможность приведения таксационных характеристик к иному значению полноты по выведенным формулам. Следует лишь отметить, что приведение ЭП к иному значению полноты, а следовательно, к иному значению внутрисистемной конкуренции, ведет к изменению динамики ростовых процессов во времени.

Основные выводы:

1. Проведенный лесоведческо-математический анализ выявил функциональные зависимости ростовых процессов в основном насаждении, определяющие динамику продуктивности древостоя.

2. Построенная система математически формализованных прин-

ципов функционирования соснового насаждения позволяет анализировать динамику продуктивности данной лесной системы в различных условиях местопроизрастания.

3. При выводе уравнений выявлена закономерность, подтверждаемая экспериментально: при значении относительной полноты $I,0$ и при неизменных условиях внешней среды средний объем древесного ствола в насаждении во времени обратно пропорционален квадрату числа деревьев.

4. Предложенная методика определения относительной полноты дает возможность приведения к полноте $I,0$ всех показателей древостоя.

5. Динамика ростовых процессов насаждения функционально зависит от воздействий внешней среды, характеризующихся тау-бонитетом.

Тау-бонитет и его составляющие определяют реакцию древостоя на условия внешней среды, то есть определяют биоэкологические свойства последних в отношении данной лесной системы. Теоретическое положение и формула тау-бонитета проверена на существующих таблицах динамики продуктивности.

6. Выведенные закономерности функционирования сосновых насаждений применимы и для других лесобразующих пород в условиях Белоруссии, что подтверждено экспериментально. В этом случае необходимо установление значения коэффициента " τ ", отражающего морфологические свойства древесной породы в формуле видového числа.

7. На основе лесоведческо-математического описания динамики роста соснового насаждения в условиях Белоруссии разработаны два алгоритма: расчета модели таблицы динамики продуктивности и расчета конкретного древостоя. Расчет динамики ростовых процессов дает возможность получения развернутой характеристики насаждения.

8. Наблюдаемые в природе изменения бонитетной характеристики насаждения во времени построенной системой учитываются.

9. Построенная система математически формализованных принципов функционирования насаждений, основывающаяся на биологических свойствах сосновых древостоев и отражающая экологические свойства условий местопроизрастания, позволяет получать достоверные сведения о закономерностях роста на минимальном объеме исходной информации.

Ю. Выведенные закономерности, их математические формулировки дают возможность в практике:

- ускорить, упростить, а значит удешевить процесс составления таблиц динамики продуктивности сосновых насаждений;
- рассчитывать эталонные насаждения, минуя поиск их в натуре;
- анализировать и давать сравнительную оценку материалам, характеризующим динамику роста сосновых насаждений.

Основное содержание диссертации изложено в публикациях:

1. Ермаков В.Е., Севастьянов В.Д. Перспективы использования ЭВМ для актуализации лесного фонда. Сб. Лесоведение и лесное хозяйство, Мн.: Высшая школа, вып. II, 1976, с. 131-138.
2. Ермаков В.Е., Севастьянов В.Д. Детерминированная математическая модель чистого фитоценоза и ее использование при составлении таблиц хода роста эталонных чистых сосновых древостоев. Сб. Лесное хозяйство и лесная промышленность, ЛитСХА, Каунас-Норейкишкес, 1978, с. 22-24.
3. Ермаков В.Е., Севастьянов В.Д. Моделирование динамики продуктивности чистых фитоценозов. Сб. Рациональное использование, воспроизводство и охрана окружающей среды, БТИ им. С.М. Кирова, Мн.: 1978, с. 81-82.
4. Ермаков В.Е., Севастьянов В.Д., Гоев А.В. Некоторые закономерности роста чистых фитоценозов. Сб. Автоматизированные системы плановых расчетов в республиканских плановых органах. - Мн.: НИИЭМП при Госплане БССР, вып. I4, 1978, с. 16-23.
5. Ермаков В.Е., Севастьянов В.Д. Детерминированная модель чистого соснового древостоя. Лесной журнал, 1978, № 6, с. II-I4.
6. Ермаков В.Е., Севастьянов В.Д. Моделирование хода роста древостоев. Сб. Применение математических методов и использование ЭВМ в управлении лесной промышленностью, ВНИПИЭЛеспром. - М., 1979, с. 25-26.
7. Ермаков В.Е., Севастьянов В.Д. Моделирование роста чистого соснового древостоя. Сб. Лесоведение и лесное хозяйство - Мн.: Высшая школа, вып. I4, 1979, с. 65-69.

Валерий Дмитриевич Севастьянов
Исследование динамики роста соснового
насаждения в условиях Белоруссии
Подписано в печать 15.04.80. Формат 60 x 84 1/16.
Печать офсетная. Усл.печ.л. 0,93. Уч.-изд.л. 1.
Тираж 100 экз. Заказ 281 . Бесплатно.
Отпечатано на ротапринте БТИ им. С.М.Кирова.
220630. Минск, Свердлова, 13.