

О.А. АТРОЩЕНКО

**МОДЕЛИРОВАНИЕ
РОСТА ЛЕСА
И ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННЫХ
ПРОЦЕССОВ**

Минск БГТУ 2004

Лекция 1. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ РОСТА ЛЕСА

Современный период развития познания характеризуется проникновением науки в новые, ранее не известные области объективного мира, выявлением глубинных структурных уровней организации в живой и неживой природе. Системный подход рассматривается в качестве одного из конкретных путей все более глубокой диалектизации естествознания. Значение диалектического материализма и его категорий определяется во многом как раз методологическими и логическими принципами, которые являются основой для дальнейшего развития научных понятий, форм познания, раскрытия взаимосвязи понятий, выработки системного представления о мире и его закономерностях. Вопрос о методах познания сложных объектов впервые в развернутом виде был поставлен в работах классиков марксизма-ленинизма. Это – метод восхождения от абстрактного к конкретному, единство логического и исторического, диалектическое понимание анализа и синтеза, взаимоотношения части и целого и т. д.

Одной из первых наук, в которой объекты исследования рассматривались как системы, была биология. Поиски путей решения задачи обогащения и дополнения эволюционного подхода в биологическом исследовании привели к формированию системного подхода, получившего различные конкретные воплощения в работах В.И. Вернадского, Л. фон Берталанфи, У. Рос Эшби, Н.А. Берштейна и других советских и зарубежных исследователей.

Моделирование роста леса рассматривается как небольшой сегмент в общей системе контроля и управления лесными ресурсами (рис.1). Место моделирования и имитации роста в общем ряду действий, необходимых для системы контроля лесных ресурсов и разработки политики управления (программ ведения лесного хозяйства), дано в Holling (1971).

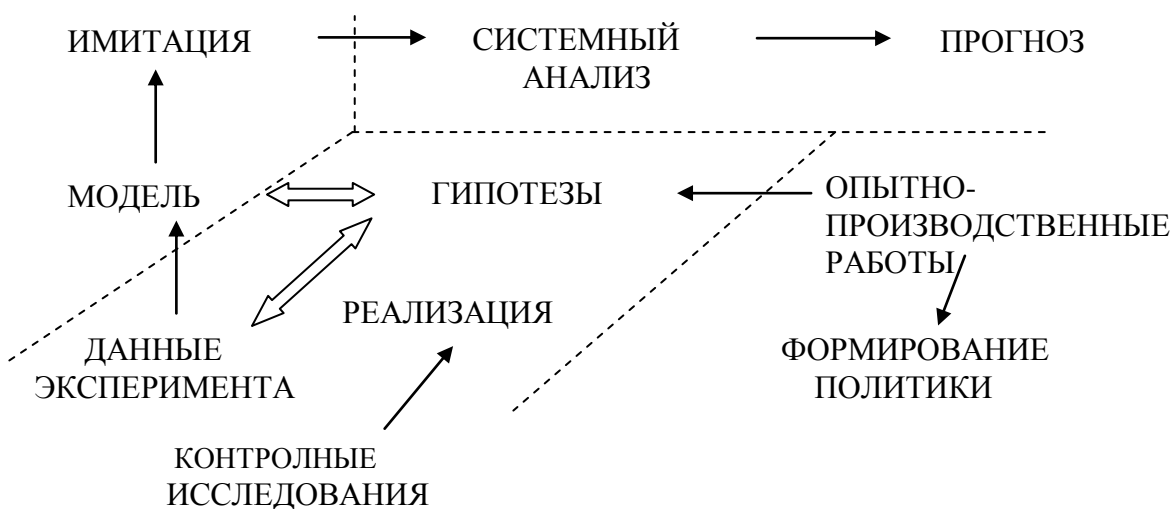


Рис. 1. Последовательность действий для системы контроля и управления лесными ресурсами

Наибольшие трудности при решении проблемы контроля и управления лесными ресурсами встречаются в следующих направлениях: 1) построение математических моделей лесохозяйственных процессов; 2) переход от имитации роста отдельных деревьев, насаждений к представлению объектов в виде систем (биогеоценоз, лесная экосистема и т. д.); 3) проверка научных гипотез и адекватности моделей; 4) оценка прогноза функционирования объектов на полевых опытах в лесу.

В научных исследованиях объекты, представляющие собой органическое целое, имеющие собственную историю, поведение, развитие, являющиеся иерархическими по своей структуре, рассматриваются в виде систем. Аналитические способы познания играют в системном анализе роль тактического средства, подчиненного стратегической цели – последующему синтезу для получения целостной картины объекта. Таким образом, системный подход предопределяет общую программу исследования: 1) определение цели исследования; 2) установление границ объекта как системы; 3) структурный анализ и расчленение объекта на однородные элементы; 4) разработка математических моделей связи между элементами системы; 5) выявление и моделирование общих свойств системы; 6) синтез моделей в целостную модель объекта; 7) имитация функционирования системы при различных начальных условиях; 8) системный анализ результатов работы модели объекта; 9) разработка моделей элементов и системы на более высоком уровне, последующий синтез моделей и т. д., как повторяющийся процесс.

Системный подход не дает решения проблемы непосредственно, а основную роль в исследовании, описании объектов и элементов системы играют теоретические и методические положения конкретных наук (лесоводства, лесной таксации, геоботаники, почвоведения, физиологии растений, математической статистики и т. д.). С другой стороны, системные исследования требуют использования общего, понятного для разных специалистов языка и единой методики исследования. Таким языком является математический аппарат, а единым методом – математическое моделирование.

За последние десятилетия четко установились два существенно различных подхода к математическому описанию больших систем.

Первый подход – использование идей и методов многомерной математической статистики. Современные ЭВМ позволяют разработать сложные математические модели роста древостоев с числом независимых переменных (факторов), близких к ста. К сожалению, ценность этих многомерных моделей невелика. При изучении и описании такой большой системы, как лес, возникают сложные задачи научного обоснования, формирования и отбора критериев для моделирования и особенно прогнозирования хода роста насаждений. Мы располагаем данными так называемого пассивного эксперимента, т. е. наблюдаем за процессами естественного роста насаж-

дений, где эксперимент ведет природа с учетом хозяйственной деятельности человека. Недостаток многомерного регрессивного анализа, выполненного по схеме пассивного эксперимента, в том, что все независимые переменные (они, как правило, изменяются и сильно коррелированы) можно включить в модель. Это приводит к смещению в оценках коэффициентов регрессии, и оно может оказаться настолько сильным, что регрессивный анализ и регрессионная модель потеряют всякий смысл (В.В. Налимов, 1971).

Второй подход к изучению и описанию больших диффузных систем – кибернетический [6]. Кибернетический метод связан с понятием информации, а процессы в системах рассматриваются как процессы ее передачи, хранения и переработки. Любая информация независимо от ее конкретного содержания рассматривается как выбор между двумя или более ее состояниями, а количество информации представляет основную характеристику процесса. Кибернетический подход позволяет решить многие задачи (особенно теоретические) с большой степенью обобщения. Такой подход использован при моделировании структуры лесной растительности СССР с реализацией карты на ЭВМ. По мнению К.Е. Никитина и А.З. Швиденко, практическое значение моделей кибернетического типа в исследованиях лесной экосистемы пока незначительно: неизбежные на современном уровне знания упрощения не позволяют получать достаточно полные и содержательные модели; дисперсия исходных данных часто так высока, что применение сложных моделей может привести к результатам, надежность которых нельзя оценить объективными методами [1].

В последнее время в лесоводственных исследованиях приобретают интерес так называемые имитационные модели, которые широко используются в практике при разработке систем моделирования и прогноза роста насаждений. Когда имитационная модель отражает разнообразие взаимосвязи и возможную последовательность событий, ЭВМ становится неоспоримо важным инструментом для рационализации процессов, совершенствования планирования и обоснованного прогноза.

Системные концепции использовались в исследованиях классиков лесной науки: Г.Ф. Морозова, М.М. Орлова, В.Н. Сукачева. Системы в лесном хозяйстве можно условно разделить на две группы: 1) естественные, существующие в природе (клетка, дерево, насаждение, биогеоценоз и т. д.); 2) системы в виде комплекса мероприятий для решения крупных проблем, или системы управления (лесоустройство как система для информационного, технико-нормативного и научного обеспечения отрасли, автоматизированная система лесохозяйственной информации). Между ними нет четкой границы, первые неизбежно предполагают дальнейшее управление и оптимизацию, а вторые часто отражают уже существующую ситуацию [1].

Естественные биологические системы типа лесных биогеоценозов, лесной экосистемы отличаются сложностью и многофакторностью взаимо-

связей и взаимодействий, участием живых и неживых элементов, антропогенным влиянием.

Лесная экологическая система представляет собой большую динамическую диффузную систему, которая является одной из самых трудных для изучения и математического описания. В диффузных системах нельзя разграничивать действия отдельных факторов. В больших системах необходимо учитывать очень много факторов, задающих различные по своей природе, но тесно взаимодействующие друг с другом процессы.

Особенностями лесной экосистемы являются: 1) сложность внутреннего строения, т. е. многомерность процессов; 2) многофакторность внешней среды, т. е. математическая модель должна содержать много переменных; 3) незамкнутость энергетически, т. е. необходимость совместного моделирования лесной экосистемы и окружающей среды; 4) саморегуляция, т. е. стремление к устойчивому состоянию; 5) мультистабильность, т. е. высокая способность реагировать на различные воздействия; 6) динамичность, т. е. постоянное развитие в пространстве и во времени; 7) существенная нелинейность в зависимостях между элементами системы; 8) прерывистый характер биосистемных связей, что не соответствует математической модели непрерывной функции.

Автоматизированной системе управления (АСУ) в лесном хозяйстве для перехода к обработке данных на ЭВМ требуется разработка информационного обеспечения автоматизированных систем, которое предопределяет создание соответствующей системы лесохозяйственной информации. С позиций системного подхода комплекс лесохозяйственной информации для принятия управленческих решений в условиях ИСУЛХ можно представить в следующем виде: информация, планирование и принятие решение [2].

Лесная экологическая система развивается в условиях окружающей среды. Информация о состоянии лесного фонда объекта (лесхоза) собирается в лесной экосистеме путем различных измерений (глазомерно-измерительная, выборочная, перечислительная таксация леса, материалы аэрофотосъемки и т. д.) и накапливается в системе сбора информации (рис. 2).

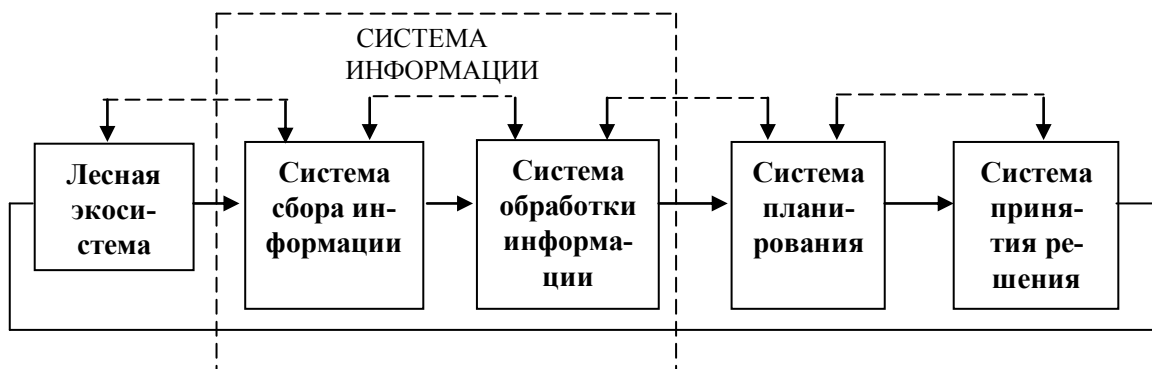


Рис. 2. Система лесохозяйственной информации

Данные обрабатываются в системе обработки информации и поступают в систему планирования, где разрабатываются альтернативные варианты решения задачи (программы) как законченный во времени и пространстве комплекс лесохозяйственных мероприятий, проводимых в объекте для достижения поставленной цели лесопользования. Чем больше выработано возможных решений (альтернатив), тем лучше (если достаточно времени на их анализ), так как в этом случае не будет упущена какая-нибудь ценная альтернатива для принятия оптимального варианта решения.

В системе принятия решения, исходя из анализов ограничений (например, размера лесопользования и объема лесовосстановления), с учетом определенной степени самостоятельности и принципов устойчивости системы получают допустимые альтернативы, из которых отбирают оптимальные с точки зрения практической реализации критериев принятия оптимальных решений.

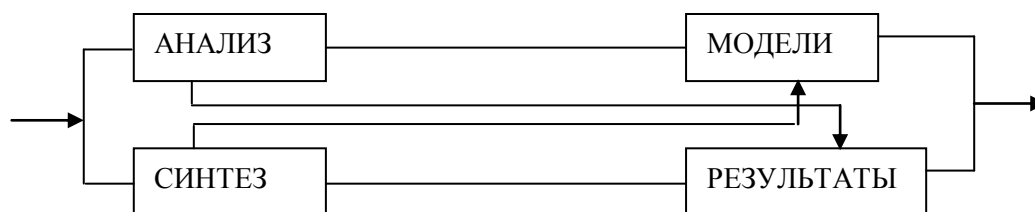


Рис. 3. Структура систем информации, планирования и принятия решения

Законченный во времени и пространстве комплекс лесохозяйственных мероприятий означает, что оптимальная программа ведения лесного хозяйства в объекте дает рациональное размещение мероприятий (рубок леса, посева и посадки леса, осушения, удобрения и т. д.) по территории (в пространстве) и на долгосрочный период планирования (во времени).

Системы информации, планирования и принятия решения имеют в соответствии с принципами системного подхода подобную структуру. Анализ применяется как логический прием расчленения целого на отдельные элементы и рассмотрения каждого из них в отдельности. Информация из анализа поступает в модели (рис. 3). В этой части строятся как модели, описывающие систему в целом (модели информации, ситуации планирования, принятия решения), так и модели, описывающие отдельные элементы (модели прогноза роста насаждений, рубок ухода, целевой функции и т. д.). Синтез применяется как объединение всех данных в целостную систему. Его задача состоит в установлении причинно-следственных связей между элементами системы, сущности управляемых процессов, прогнозирования их развития. Система лесохозяйственной информации должна быть информационно-развивающейся, т. е. по мере поступления новой, более надежной информации отдельные подсистемы совершенствуются. Это означает, что результаты выхода, например, системы планирования, могут использоваться как переменные входа в систему принятия решения или

поступают обратно в «анализ» этой же системы планирования для подготовки моделей более высокого уровня.

Для создания системы планирования требуется разработать имитационные модели рубок ухода с применением уравнений связи и прогноза роста деревьев и древостоев, функций распределения деревьев по диаметру, моделей прироста и других; экономико-математические модели роста насаждений; модели экономической спелости, таксовой стоимости древесины, стоимости сортиментов и т. д. [3, 4].

Научно-технический прогресс в народном хозяйстве страны, в том числе развитие лесного хозяйства, предопределяет, что любая оптимальная программа ведения лесного хозяйства в объекте является преходящей (недолговечной), так как опыт и новая информация будут предполагать новую ревизию лесотаксационных нормативов (моделей), пересмотр существующих подсистем. Таким образом, планирование будет процессом адаптации, опорой которому могут служить анализ и синтез лесохозяйственной информации, разработка информационно-развивающихся систем. В дополнение к этому – система лесохозяйственной информации должна быть дешевой и достаточно быстродействующей (эффективность системы), чтобы непрерывно разрабатывать программы ведения и развития лесного хозяйства. Это – одно из главных требований к разработке человеко-машинной системы управления лесными ресурсами.