
**Применение имитационной компьютерной модели
к анализу динамики древостоя**

Колобов А. Н.

*Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, Биробиджан, 679016, Россия, (42622) 61362
e-mail: alex_0201@mail.ru*

Одной из ключевых проблем в современной биологии и охраны окружающей среды, является проблема изучения и сохранения биологического разнообразия Земли. Задачи сохранения и восстановления биоразнообразия соответствуют «Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники Российской Федерации», утвержденным в 2002 г. Президентом РФ и входят в «Перечень критических технологий РФ».

Решение проблемы сохранения биоразнообразия и восстановления растительных сообществ после нарушений требует детального анализа динамики ценопопуляций и сообществ растений. Для исследования динамики лесных ценозов и успешного управления ими широко применяются средства математического и компьютерного моделирования. В современном компьютерном моделировании лесных экосистем получили широкое распространение имитационные гэп-модели [1, 2]. Гэп-модели эффективно используются для кратко- и среднесрочных прогнозов динамики конкретных лесных экосистем, находящихся в определенных внешних условиях на относительно небольших (1–1000 га) территориях.

В данном сообщении приводятся результаты построения имитационной компьютерной модели динамики многовидового разновозрастного сообщества древесных лесных растений. В качестве результатов моделирования исследователь получает различные прогнозные сценарии развития леса. Изучая полученные сценарии при различных модельных стратегиях управления можно выбрать наиболее эффективную стратегию, в зависимости от поставленной цели хозяйствования. Кроме этого модель имеет теоретическую ценность, поскольку позволяет изучать и выявлять закономерности роста и взаимодействия различных видов деревьев в сообществе.

За основу построения модели взяли уравнение энергетического баланса роста одиночного дерева. Для того чтобы описать взаимодействие деревьев в сообществе, мы использовали уравнение зависимости фотосинтетической продукции от солнечной радиации, а также функцию затухания света при прохождении сквозь кроны деревьев. Объединив уравнение роста одиночного дерева с уравнением для фотосинтеза, получили модель роста деревьев в условиях конкуренции за свет

$$\frac{dx_i}{dt} = \frac{\alpha_i \cdot I_0 \cdot (1 - \exp(-k_i x_i^2)) \cdot P_{im} \cdot Q(\xi)}{\alpha_i \cdot I_0 \cdot (1 - \exp(-k_i x_i^2)) \cdot Q(\xi) + P_{im} \cdot k_i x_i^2} - \beta_i - \gamma_i \cdot x_i^2, \quad (19)$$

где x_i — радиус кроны i -го дерева, I_0 — фотоактивная солнечная радиация, P_{im} — максимальная интенсивность фотосинтеза единицы площади листьев, k_i — коэффициент затухания светового потока, проходящего сквозь крону, $Q(\xi)$ — доля солнечной радиации при затенении древостоем, находящимися на окружающем пространстве ξ , параметры β_i , γ_i характеризуют интенсивности расхода энергии на рост и дыхание.

Для реализации механизма пространственного распределения деревьев в сообществе была разработана имитационная компьютерная модель. В основу построения модели легли следующие основные положения моделирования древостоя:

1. Моделируемое пространство древостоя, разбивается на ячейки по горизонтальной плоскости и уровни по вертикали.
2. Элементарной структурной единицей лесного сообщества является дерево.
3. Моделирование древостоя складывается из моделирования динамики отдельных деревьев.
4. При моделировании динамики отдельного дерева учитывается влияние со стороны других деревьев.

Возобновление и гибель деревьев на участке задаются соответствующими случайными процессами, поскольку модель является стохастической, прогнозируемое состояние гэпа вычисляется как среднее по достаточно большому (80–100) числу независимых реализаций.

В качестве результатов, на каждом шаге моделирования, исследователь может получить различные статистические данные конкретного дерева (диаметр, высота, возраст, биомасса) и древостоя в целом (возрастное состояние; количество деревьев каждого вида; суммарная площадь крон в каждом ярусе; общее количество деревьев и т. д.).

Анализ рассмотренной модели на фактическом материале, показал: деревья, в условиях конкуренции взаимно подавляя друг друга, раньше выходят на насыщение и имеют меньшие размеры. Если коэффициент затухания k_{ij} одного из видов, оказывается достаточно высоким, то он вытесняет остальные виды при одинаковых значениях других параметров. Скорость вытеснения зависит от количественного соотношения и пространственного распределения рассматриваемых видов. Параметр P_{im} , отвечающий за максимальную интенсивность фотосинтеза и соответственно определяющий степень теневыносливости вида, влияет на выживаемость вида в условиях лимитирования световых ресурсов. При неблагоприятных световых условиях, вид с меньшей интенсивностью фотосинтеза, то есть более теневыносливый, имеет высокую вероятность выживания. В моделируемых одновидовых и многовидовых древесных сообществах при достижении ими своего зрелого состояния наблю-

дается мозаичная структура пространственного распределения плотности и возрастного состава.

Построенная имитационная компьютерная модель позволяет получить прогнозные сценарии развития различных лесных ценозов. Адекватность поведения модели подтверждается сопоставлением с реальными данными и тем, что получаемые в модели сценарии динамики лесов, соответствуют наблюдаемым в природе.

Исследования проведены при финансовой поддержке ДВО РАН в рамках Программы Президиума РАН «Динамика генофондов и биоразнообразие», проект № 06-1-П11-035; «Биоразнообразие растительных сообществ Среднего Приамурья и пути его сохранения», проект № 04-1-П12-108.

Литература

1. Карев Г. П. *Структурные модели лесных экосистем*, Сибирский экологический журнал **4** (1999), 381–396.
2. Huth A., Ditzer T. *Long-term impact of logging in a tropical rain forest — a simulation study*, Forest Ecology and Management **142** (2001), 33–51.