

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ НАСАЖДЕНИЯ НА БАЗЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ РОСТА ОТДЕЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ

There are basic principles of plant, particularity forest, communities development described in this article. A principle scheme of gap model is adduced. This model allows observing dynamic of forest community in change environment conditions. Original approach to soil condition establishing, used the classification scheme from Vorobiev – Pogrbniak, allow connecting the model with existed data about republic's forests.

Развитие лесного насаждения можно определить как направленные изменения во времени его определенных характеристик, таких, как видовой состав, внешние признаки растительности и т. д. Очевидно, что развитие можно наблюдать в различных пространственных и временных масштабах. Можно выделить два принципиально различающихся взгляда на развитие (сукцессию) растительных сообществ. Ранний подход рассматривает сукцессию как предопределенную перспективу [2]. Согласно этой концепции, экосистемы обладают свойствами, которые не могут быть описаны и предсказаны на основе структуры более низких уровней ее организации, таких, например, как популяции. Движение к стабильному, гомеостатическому, климаксному состоянию является центральным звеном воззрений Клементса на динамику растительности. В корне отличный взгляд на сукцессии выдвинул Gleason и Jones, и в ставшем классическим труде [6]. Их индивидуалистская (редукционистская) теория подчеркивает особую важность популяционной динамики и конкуренцию между организмами, исходя из чего никогда не достигается равновесия в растительном сообществе на относительно малых пространственных шкалах. Сущность их концепции в том, что лес можно представить как мозаику отдельных пятен, пространственно определяемых площадью, на которую оказывает воздействие крона доминирующего дерева. С гибелью этого дерева среда кардинально изменяется, что ведет к волне развития подроста и последующей гибели угнетенных деревьев. В идеальном случае побеждает только одно дерево, и цикл повторяется [5].

Лесные гэп модели, родоначальницей которых можно считать JABOWA [4], адаптировали индивидуалистское воззрение на лесные экосистемы и моделируют развитие, рост и гибель отдельных деревьев на относительно небольших участках леса (0,01–0,1 га). Однако этот тип моделей берет в расчет и процессы, протекающие в более крупных масштабах: влияние сомкнутости полога и почвенных ресурсов на рост деревьев и древостоя в целом. Чтобы по-

лучить картину развития леса на экосистемном уровне, основываясь на результатах гэп моделирования, необходимо усреднить результаты моделирования по множеству независимых участков.

В гэп моделях рост деревьев является стохастической функцией от абиотических и биотических факторов, таких, например, как температура, содержание воды в почве, затенение кронами соседних деревьев. Рост каждого отдельного дерева моделируется детерминистической функцией посредством уменьшения максимально возможного прироста для данного возраста факторами, значения которых лежат на том или ином отдалении от экологического оптимума для данного вида. Среди таких факторов, уменьшающих темпы роста, выступают сумма положительных температур, влажность почвы и доступная солнечная радиация. Гибель деревьев определяется стохастически, с помощью функции, при построении которой основываются на предположении об одинаковой вероятности гибели дерева на всем протяжении его жизни. Кроме того, модель включает стресс-индуцированную смертность: деревья гибнут, когда их годичный прирост на протяжении нескольких лет не достигает определенного минимального уровня.

Прорастание семян в небольших пространственных и временных масштабах можно сопоставить с другими процессами, происходящими в лесных экосистемах. Факторы, влияющие на динамику семенного банка в почве, прорастание, выживание семян очень трудны для разрешения в механистических экологических моделях, и развитие дерева из семени является длинной цепочкой достаточно случайных событий. Смертность прорастающих семян, сеянцев и небольших деревьев чрезвычайно высока, поэтому только незначительная часть семян превратится во взрослые деревья. Этот сложный природный процесс может быть отображен достаточно простым способом, с помощью нескольких экологических фильтров, таких, как доступность света, температура и проч. (рис. 1).

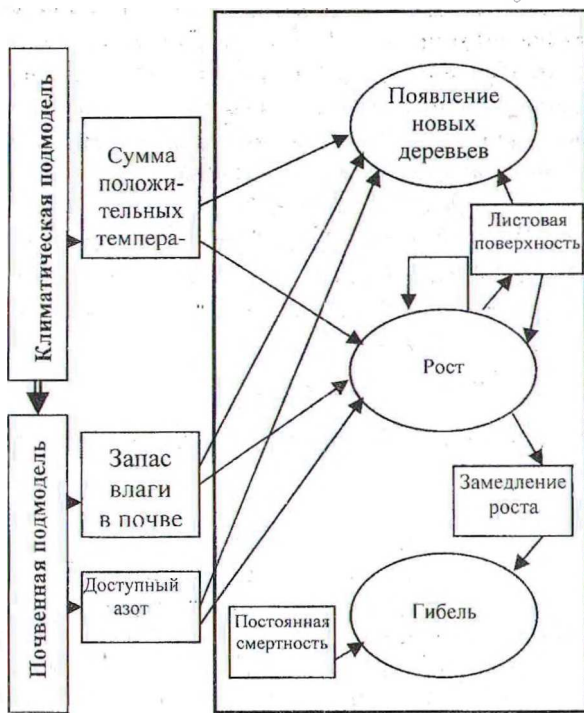


Рис. 1. Схема гэп модели развития насаждения

Механизмы, лежащие в основе процессов роста, – как фотосинтез, распределение различных форм органических соединений по органам, которые приводят к таким эффектам, как рост побегов в длину, развитие листьев, рост корней, специально не рассматриваются в данной модели. Однако это совсем не значит, что эти механизмы не важны для роста расте-

ния. Скорее, они протекают в относительно низких временных масштабах, и поэтому уравниваются при подсчете прироста за год или даже роста дерева за весь период его существования [5].

Следующее внутреннее ограничение наложено на рост по диаметру в нашей модели: в оптимальных условиях, т. е. при полном солнечном освещении, доступности минеральных элементов питания, оптимальной температуре и адекватной влажности почвы, брутто-фотосинтез пропорционален фотосинтетической поверхности ассимиляционного аппарата, а дыхание пропорционально объему ствола. Доля физиологически неактивных тканей в дереве увеличивается с его возрастом [5].

Взяв за основу функцию роста по диаметру в оптимальных условиях, эффект абиотических и биотических факторов окружающей среды модифицирует ее, в результате получаем величину реального прироста деревьев. Одним из наиболее существенных факторов, ограничивающих рост дерева, является затенение, эффект которого можно рассчитать исходя из количества света, которое получает дерево. Гэп модели геометрически разрешены в вертикальном измерении, но большинство из них использует упрощение, согласно которому вся листовая поверхность деревьев сосредоточена в горизонтальной плоскости, лежащей на высоте верхушки ствола, и моделируемый участок в горизонтальной плоскости однороден [4].

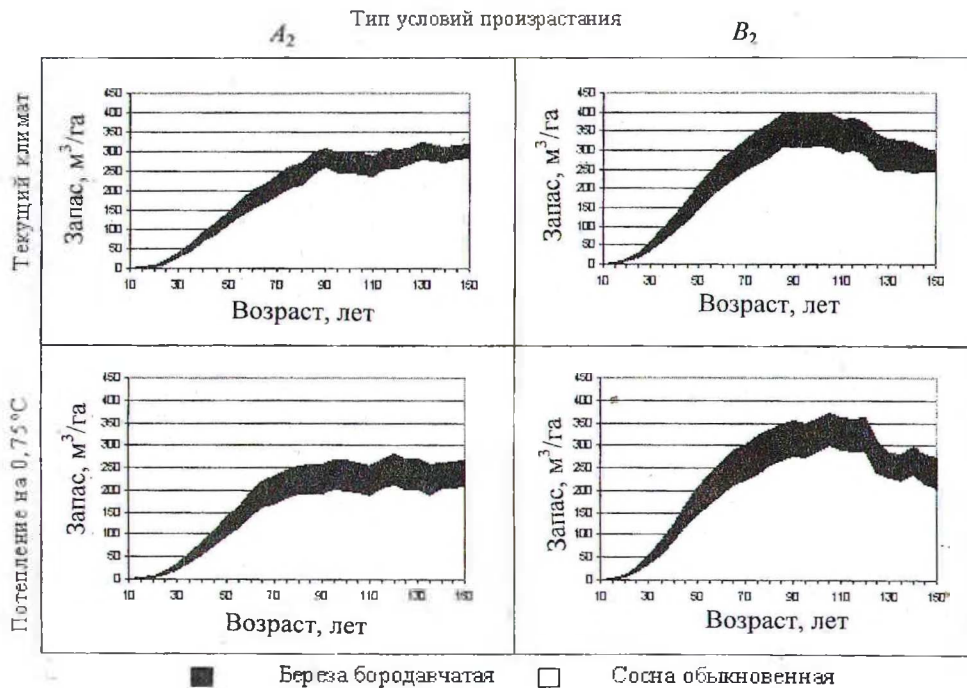


Рис. 2. Результаты моделирования развития сосново-березовых древостоев в различных климатических ситуациях

Следующие зависимые от климата ограничения использованы в нашей модели: прямое воздействие температуры моделируется исходя из суммы положительных температур. Количество воды, содержащееся в корнедоступной зоне, используется для моделирования эффекта стресса из-за засухи и переувлажнения на прирост. Для моделирования влияния изменения содержания в почве доступного азота воспользовались способом, предложенным Aber и др. [3]. На вход нашей модели подаются не абсолютные значения содержания воды и доступного азота в почве, а тип условий произрастания по классификации Воробьева – Погребняка [1], которые соответствуют определенным грациям водного режима почв и богатства элементами питания.

Хотя лесные гэп модели изначально не были разработаны для предсказания воздействия изменяющегося климата на лесные экосистемы [4], и несмотря на его трудно предсказуемое поведение, они усиленно привлекаются для исследования возможного воздействия будущих климатических изменений на леса. Нами предпринята попытка оценить воздействие повышения среднегодовой температуры воздуха на развитие сосново-березовых древостоев (рис. 2). Результаты моделирования показывают, что при настоящем климатическом режиме и условиях произрастания A_2 общий запас стволовой древесины к возрасту спелости

достигает в среднем $320 \text{ м}^3/\text{га}$, в условиях произрастания B_2 – $400 \text{ м}^3/\text{га}$. При потеплении среднегодовой температуры на $0,75^\circ\text{C}$ и неизменном количестве выпадающих осадков к возрасту спелости насаждение накопит меньшее количество стволовой древесины – $270 \text{ м}^3/\text{га}$ в условиях произрастания A_2 и $360 \text{ м}^3/\text{га}$ – в условиях B_2 . При этом распределение между породами останется практически неизменным, лишь в условиях произрастания A_2 незначительно увеличится доля березы.

Литература

1. Погребняк П.С. Общее лесоводство. – М.: Колос, 1968. – 440 с.
2. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1981. – 544 с.
3. Aber J.D., Melillo J.M., Federer C.A. 1982. Predicting the effects of rotation length, harvest intensity, and fertilization on fiber yield from northern hardwood forests in New England. – *For. Sci.* – 1982. – Vol. 28. – P. 31–45.
4. Botkin D.B., Janak J.F., Wallis J.R. Some ecological consequences of a computer model of forest growth. – *J. Ecol.* – 1972. – Vol. 60. – P. 849–872.
5. Shugart H.H. A theory of forest dynamics. The ecological implications of forest succession models. – Springer, New York, 1984. – 278 p.
6. Watt A.S. Pattern and process in the plant community. – *J. Ecol.* – 1947. – Vol. 35. – P. 1–22.