

Фрактальные траектории эволюции дерева в пространстве параметров секционной модели: вертикальное распределение биомассы, разрывы непрерывности траекторий, прото-растение, начальное торможение роста, рекапитуляции

1. Выделена вертикальная секционная структура дерева с периодическим (метамерным) ростом и описана модель динамики зеленой биомассы секции как разность биомасс соосных смежных *виртуальных* деревьев, вложенных друг в друга [1]. Модель демонстрирует ряд реальных свойств распределения зеленой биомассы по высоте.

2. Выделена аналогичная секционная структура ветвей дерева и представлена соответствующая модель динамики системы ветвей всех порядков кроны [2]. Параметризация модели по данным (Цельникер, 1994, времена t_{D_j} жизни ветвей 4-х порядков ели) показала, что почти идеальное соответствие можно получить лишь добавляя субмодели начального торможения роста дерева (Казимиров, 1971) и межмутовочных ветвей, появление которых происходит, как указывается в (Трескин, 1973) и демонстрирует модель, одновременно с отмиранием скелетных 1-го порядка. Межмутовочные ветви, возникают при резком увеличении освещенности (Крамер, Козловский, 1983; [2]) и фактически являются киллерами регулярных ветвей 1-го порядка.

3. Фрактальный параметр модели μ , связывающий ($B \sim H^\mu$) зеленую биомассу B и высоту H дерева и отражающий морфологическую эффективность использования им света, является индикатором эволюции распределения биомассы в пространстве кроны и, соответственно, системы ветвей дерева. Рассмотрена *морфологическая эволюция* системы ветвей модели [3] при изменении μ в реальном диапазоне (0, 3). С увеличением μ последовательно появляются ветви от 1-го до 4-го порядков (первые три при $\mu < 1$ и четвертый при $\mu \approx 1.5$, для ели европейской $\mu \approx 1.8$) и почти везде монотонно растут от нуля их времена жизни. При этом зависимости $t_{D_j}(\mu)$ для ветвей порядков $j=2$ и 3 имеют *разрывы непрерывности* 1-го рода при $\mu \approx 1.4$ и 2.9 соответственно [3].

4. Обнаруженный разрыв непрерывности для 2-ветви объясняет причину несоответствия “усеченной” (без межмутовочных ветвей) модели ели натурным данным и может обсуждаться как *триггер дивергенции* из некоторой ”прото-ели” различных видов хвойных, тем или иным способом преодолевших этот разрыв [4]. Некоторые другие хвойные (и не только) в отличие от ели не имеют межмутовочных ветвей. По-видимому, они преодолели разрыв какими-то другими способами или не достигли соответствующего порога.

5. Наличие биомассы и ветвей у модельного дерева в диапазоне μ (0, 1) указывает на реализацию биомассы в виде множества ”точек” и позволяет интерпретировать это как модель эндосимбиотического появления и эволюции прото-растения (Margulis. 1981). Анализ фрактальных свойств растущего множества точек на интервале [3] показал особые свойства групповых размещений точек, из которых важнейшее – радикальное различие двух вариантов роста общего числа точек за счет либо числа групп Ng либо числа точек ng в группе. Первый вариант – дает уменьшение μ от 1 до ≈ 0.25 и

интерпретируется как *необходимый* при образовании эндосимбиоза с изначально отсутствующей инфраструктурой у хозяина, второй дает рост к 1 при образовании инфраструктуры в ходе эволюции хозяина. Заметим, что значения μ , соответствующие появлению 1-ветвей, полученные из модели системы ветвей ели и *независимым* моделированием точечных групповых множеств, практически совпадают: $\mu \approx 0.25$. Используя $H \sim V^{1/\mu}$ и траекторию $\mu(Ng, ng)$, составленную из этих двух вариантов, получаем эффект начального торможения роста размера множества, сменяемого экспоненциальным ростом размера при образовании инфраструктуры, связывающей множество цианобактерий. Начальное торможение обнаруживается и у реальных современных растений (модель изометрического роста И.А. Полеаева, (1966) для данных А.А. Молчанова, (1964)). В обоих случаях действует общий принцип – характерный размер фотосинтезирующей системы должен соответствовать фрактальным свойствам размещения растущей биомассы растения. Это позволяет предполагать, что начальное торможение есть *имманентное свойство* растений.

6. Рекапитуляции (визуальное сходство этапа эмбриогенеза современного организма и онтогенеза его эволюционно далекого предка) визуально достаточно строго повторяющие ситуацию появления прото-растения, по-видимому, можно ожидать увидеть у семенных растений, вообще говоря, дважды [5]: 1) в период эмбриогенеза, когда зародыш семени начинает зеленеть из-за трансформации имеющихся лейкопластов в хлоропласты (Жукова, 1992), начиная с перехода от глобулярной к сердечковидной фазе эмбриогенеза – появление "ветвей" 1-го порядка и групповой характер размещения пластид, 2) при прорастании исходно желтого, зрелого сухого семени растения, когда зародыш семени со сформировавшимися семядолями начинает зеленеть вследствие трансформации имеющихся бесцветных лейкопластов обратно в зеленые хлоропласты. Во втором случае замечено и остается непонятным (Nakajima et al. 2012) почему семена некоторых экономически важных культур, иногда при созревании остающиеся зелеными, т.е. имеющие при прорастании добавочный (лишний) хлорофилл, имеют плохую всхожесть, дают низкий урожай и, для масличных культур, плохое качество продукта. Предположение о справедливости модели прото-растения для этого случая позволяет объяснить роль не системного хлорофилла в этих результатах. При этом существенным может быть как количество, так и пространственное размещение лишних хлоропластов.

[1] Галицкий В.В. Журн. Общ. Биол. 2010, **71** (1): 19-29.

[2] Галицкий В.В. Журн. Общ. Биол. 2012. **73** (6): 442-452.

[3] Галицкий В.В. Журн. Общ. Биол. 2016. **77** (6): 409-422.

<https://elementy.ru/genbio/synopsis/499/>

[4] Galitskii V.V. Paleontol. Journ. 2016. **50** (13): 77–87.

[5] Галицкий В.В. Матем. Биол. и Биоинф. 2016. **11** (2): 225–232.

Страница автора на [ResearchGate](#)