

===== КРИТИКА И БИБЛИОГРАФИЯ =====

Гелашвили Д.Б., Иудин Д.И., Розенберг Г.С., Якимов В.Н., Солнцев Л.А. **Фракталы и мультифракталы в биоэкологии.** – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. госун-та, 2013. – 370 с.

David B. Gelashvili, Dmitry I. Iudin, Gennady S. Rozenberg, Vasily N. Yakimov, Leonid A. Solntsev. **Fractals and Multifractals in Bioecology.** – N. Novgorod: Univ. Press, 2013. – 370 p.

Мир, окружающий нас, постоянно меняет свой облик. «Фракталы вокруг нас повсюду, и в очертаниях гор, и в извилистой линии морского берега. Некоторые из фракталов непрерывно меняются, подобно движущимся облакам или мерцающему пламени, в то время как другие, подобно деревьям или нашим сосудистым системам, сохраняют структуру, приобретенную в процессе эволюции» – это цитата из книги Х. Пайгена и П. Рихтера "Красота фракталов" (1993 г.). А вот еще одна цитата из более ранней работы В.Н. Беклемишева ("Об общих принципах организации жизни", 1964 г.): «живой организм (*и экосистема.* – *Ремарка наша*) не обладает постоянством материала – форма его подобна форме пламени, образованного потоком быстро несущихся раскаленных частиц; частицы сменяются, форма остается». Иными словами, подобно мольеровскому Журдену, экологи давно говорят прозой (о фракталах), как бы, не догадываясь об этом... Можно предположить, что они (особенно, отечественные экологи¹) «не догадывались об этом» до выхода в свет рецензируемой монографии; после её появления, признание в непонимании «фрактальности организации природы» должно восприниматься как невоспитанность (фр. *mauvais ton*).

Открывают книгу «Предисловие», написанное ректором Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского, доктором физико-математических наук, профессором Е.В. Чупруновым, и 3-х страничное «От авторов», написанное по их поручению заведующим кафедрой экологии того же университета, доктором биологических наук, профессором Д.Б. Гелашвили (как явствует из этого вступления – главного организатора и руководителя авторского коллектива). Знакомство только с этими

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Химическая технология и промышленная экология» Самарского государственного технического университета; *Сачков Сергей Анатольевич*, доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского государственного университета

¹ Среди небольшого числа зарубежных монографических работ близкой тематики отметим лишь также сравнительно «свежую» монографию австралийского эколога и биофизика Л. Сёрона (Seuront L. "Fractals and Multifractals in Ecology and Aquatic Science", 2010).

начальными страницами монографии (и содержательными, и легкими по изложению), уже настраивает читателя на то, что он проведет время и с пользой, и с интересом.

Во «Введении» авторы обосновывают необходимость применения математического аппарата фрактальной геометрии, что позволяет им перейти от качественного описания пространственной и видовой структуры экосистем (в терминах видовой богатства) к его количественным показателям (в терминах видовой разнообразия) и открывает широкие перспективы характеристики биологического сообщества как сложной неравновесной системы.

Глава 1 «Структура сообщества: исторический аспект» представляет собой литературный обзор проблем описания структуры сообщества в рамках положений современной теоретической экологии. Авторы подробно и критически обсуждают вопрос о том, что вкладывается в понятие «биотическое сообщество» (представления Э. Пилу [E. Pielou], А.М. Гилярова, А.П. Левича, «теорию нейтральности» С. Хаббела [S. Hubbell], проблему распределения видов по численности [species abundance distribution, SAD] и др.), смену парадигм в экологии (от объективно существующего – к возникающему в процессе наблюдения; от детерминистического и упорядоченного – к хаотическому, принципиально не понимаемому до конца; от «нормального» евклидова пространства и «обычного» ньютонова времени – к сложно устроенному неевклидову пространству–времени; от дискретности – к континууму; от стабильности – к хаосу; стр. 22), зависимость видовой богатства от площади территории и размера выборки (представления Х. Уотсона [H. Watson], О. Аррениуса [O. Arrhenius], Г. Глисона [H. Gleason], Р. Мак-Артура [R. MacArthur], Р. Маргалефа [R. Margalef] и др.), пространственную структуру сообщества. Конструктивное обсуждение этих проблем приводит авторов к представлению экологического мира в виде «матрешки» большого, но конечного числа объектов, характеризующихся специфической гетерогенностью, что отличает экологическое пространство от евклидова и позволяет им прийти к выводу о том, что пространство экологических систем имеет не обычную, а фрактальную (дробную) размерность.

Во второй главе «Фракталы и мультифракталы: математические основы» дано краткое изложение математических основ теории фрактальной

геометрии, которая имеет достаточно специфическую терминологию и формализмы. Подобное адаптированное изложение этой теории облегчает читателю чтение и восприятие содержания последующих глав.

Глава 3 «Фрактальная природа структуры сообщества: критический анализ» также представляет собой литературный обзор. В ней дан критический анализ современной мировой литературы по применению фрактальной методологии к изучению пространственной и видовой структуры сообщества.

Особый интерес представляет концептуальная глава 4 «Теоретическое обоснование фрактального анализа структуры сообщества», так как в ней формализованы основные положения развиваемого авторами фрактального подхода к анализу структуры сообщества (моно- и мультифрактальный анализ, биоэкологическая интерпретация, соотношение мультифрактального и рангового описания структуры сообщества). Ключевым моментом этой главы является теоретическое предсказание потери мультифрактальности в структуре сообщества при выравнивании представленности отдельных видов (переход к более простой монофрактальной структуре). Но монофрактальная структура – это экологическая идеализация (равнопредставленность всех видов), и здесь совершенно справедливы, цитируемые авторами, слова Р. Маргалефа о том, что в природе существует множество видов, но всеобщим законом является неравенство их численностей.

Глава 5 «Техника фрактального анализа структуры сообщества» (как и глава 2) представляет собой краткое «практическое руководство» по применению мультифрактального анализа для описания структуры сообществ.

В главе 6 «Примеры мультифрактального анализа структуры сообществ», как явствует из её названия, приведены результаты изучения мультифрактальной структуры природных сообществ. Уже только перечисление этих примеров, демонстрирует широту апробации предлагаемых авторами подходов: сообщества долгоносикообразных жуков (Республика Мордовия), наездников-ихневмонид (Средний Урал) и орибатидных клещей (Нижегородская область), карабидокомплексы (г. Казань), насекомые луговых и саванновых сообществ (штат Миннесота, США), сообщества мелких млекопитающих (Нижегородская область), фитопланктоно- и зообентоценозы городских водоемов (г. Нижний Новгород), зоопланктоноценозы Чебоксарского водохранилища, растительные сообщества дюнных понижений (северная Франция и Бельгия), серпентинитового луга (штат Калифорния, США) и древесного яруса дождевого тропического леса (о. Барро-Колорадо, Панама).

Все эти экспериментальные факты и их теоретический анализ позволил авторам заключить, что

мультифрактальный формализм является адекватным аппаратом фрактальной теории описания видовой структуры сообщества и позволяет перейти от анализа видового богатства к полному анализу разнообразия с учетом гетерогенности сообщества (стр. 202).

Седьмая глава «Фрактальный анализ таксономического разнообразия» логически продолжает главу 6 и содержит результаты оценки фрактальной структуры таксономического разнообразия. Авторы обсуждают правило Виллиса (распределение Ципфа или Парето), «сэмплинговый» и «топологический» подходы к описанию таксономического разнообразия сосудистых растений национального парка «Самарская Лука», расположенного в излучине Волги в ее среднем течении, и грызунов отряда Rodentia на территории Европы в неогене. Авторы связывают привлекательность «фрактальной идеологии» для описания эволюционного процесса с двумя ее особенностями:

- самоподобные процессы в динамическом аспекте хорошо соотносятся с концепцией прерывистого равновесия Н. Элдриджа и С. Гулда (Niles Eldredge и Stephen Jay Gould; 1972 г.);

- фрактальная геометрия почти идеально подходит для описания иерархически организованных структур, а эволюционное древо, в первом приближении, описывается таксономической систематикой, иерархическое начало которой заложено еще в трудах Карла Линнея.

Заслугой авторов следует признать и предложенные ими два направления (условно названные «сэмплинговым» и «топологическим» подходом), которые могут оказаться полезными при строгом обосновании самоподобия эволюционного процесса.

В главе 8 «Фрактальный анализ временных рядов экологических данных» рассматривается вопрос о самоподобии временных рядов абиотических экологических факторов, являющийся актуальным, в частности, в связи с дискуссией по поводу глобального изменения климата. Обсуждаются понятие «временного ряда», природа и свойства временных рядов, классические методы их анализа (скользящее среднее, автокорреляционный и спектральный анализы, преобразования Фурье, вейвлет-спектры), фрактальный анализ (метод Херста, PSD-анализ [Power Spectral Density], DFA-анализ [Detrended Fluctuation Analysis], SWV-метод [Scaled Windowed Variance Method] и др.). Особое внимание уделено мультифрактальному анализу временных рядов (широко используемый MF-DFA-метод [Multifractal Detrended Fluctuation Analysis]). Работоспособность фрактального анализа временных рядов продемонстрирована на примере данных суточной тем-

пературы воздуха и количества осадков на 223 метеорологических станциях на территории бывшего СССР (данные 1900-2000 гг.). Такого рода анализ позволяет не только оценить тренд развития процесса, но и определить характеристики временного ряда, необходимые для понимания его природы.

Глава 9 «Биологические и экологические аспекты теории перколяции» посвящена биоэкологическим приложениям теории перколяции (от англ. *to percolate* – просачиваться, протекать), которая естественным образом связана с теорией фракталов. В этой главе нет моделей реальных экосистем и процессов; здесь продемонстрированы только потенциальные возможности с помощью теории перколяции описать распространение инфекции, лесного пожара (одно- и двухмерная модель), популяционные процессы (в средах с размножением, гибелью и диффузией). Теоретический вывод о том, что даже в слабом стороннем поле (силовом, концентрационном или информационном) экспоненциально редкое событие образования крупного перколяционного кластера способно вызвать значительные, подчас катастрофические изменения на масштабах, сопоставимых с размерами самой системы (стр. 287), делает привлечение идей теории перколяции для описания таких систем особенно актуальным.

В последней, десятой главе «Фракталы и концепция самоорганизованной критичности: биоэкологический аспект» фрактальность биоэкологических объектов рассматривается на методологической основе концепции самоорганизованной критичности (в далеких от равновесия нелинейных системах возможно возникновение сложных целостных свойств посредством самоорганизации в критическое состояние). Ценность этой концепции для «фрактальной идеологии» связана с тем, что встречающиеся в природе фракталы можно интерпретировать как мгновенные «срезы» самоорганизованных критических процессов (своего рода, «слепок», «отпечаток» на «ось» пространства или времени).

В пятистраничном «Заключении» авторы еще раз попытались «на пальцах» сформулировать все «за» фрактального подхода для описания биоэко-

логических объектов. Они отдают себе отчет в том, что даже при весьма популярном изложении «фрактальной идеологии», они рискуют остаться непонятыми. Об этом свидетельствуют и последние слова «Заключения»: «К сожалению, в науке, как и в других формах жизни общества, мода играет важную, но не всегда конструктивную роль. Как правило, специализированные темы или проблемы быстро входят в моду и, на сравнительно короткий срок, привлекают внимание специалистов, из которых многие мотивированы не столько новыми идеями, сколько возможными дивидендами. Такое положение вещей отнюдь не способствует повышению качества интеллектуальной атмосферы. Все это имеет отношение и к фрактальной парадигме, поэтому покоримся судьбе в "лице" самого беспристрастного и объективного судьи – времени» (стр. 306).

Завершают книгу «Приложения», в которых помещены две интересные мемориальные статьи, посвященные основоположнику фрактальной геометрии Бенуа Мандельброту (1924-2010) и одному из крупнейших биологов XX в. Рамону Маргалефу (1919-2004; приоритет последнего во внедрение «фрактальной идеологии» в биоэкологию неоспорим).

Во всем, что нас окружает, мы часто видим хаос, но на самом деле это не случайность, а некая форма, разглядеть которую нам помогают фракталы. В этой рецензии практически нет замечаний: рецензентам представляется, что предложенный авторами подход к описанию структуры биоэкологических систем можно либо *безоговорочно принимать*, либо точно также *отвергать*. Нас убедила аргументация авторов, книга им явно удалась и мы готовы оказаться с ними «по одну сторону баррикад».

© 2014 А.В. Васильев
Самарский государственный
технический университет
© 2014 С.А. Сачков
Самарский государственный
университет