



## Бесподобное самоподобие

**КОРОСОВ**  
**Андрей Викторович**

Петрозаводский государственный университет,  
[korosov@psu.karelia.ru](mailto:korosov@psu.karelia.ru)

© 2013 Петрозаводский государственный университет

Получена: 04 марта 2014 года

Опубликована: 20 марта 2014 года

Фракталы проникли в экологию.

Этот факт имеет важный методологический смысл. В настоящее время можно говорить о трех подходах, реализуемых в экологии. Экология – это физиология надорганизменных систем, объектом которой являются процессы, протекающие в природе, – отношения как между организмами, так и между организмами и средой, т. е. экология – наука о динамике.

Первый традиционный подход экологов к объектам изучения – структурно-динамический. Экосистемы и их компоненты рассматриваются *во времени* и представляются как серии описаний отличающихся состояний. Одна из наиболее ярких форм такого рода математических обобщений – модели Лотки – Вольтерра. При этом структурные описания биосистем (характеристика состояния особей, оценки численности популяций, показатели биоразнообразия сообществ и пр.) обретают экологический смысл только при анализе их временных рядов, который показывает тренды, источники стабильности и изменчивости этих характеристик.

Второй широко распространенный подход – эколого-географический, при котором экосистемы рассматриваются *в пространстве*. В наиболее традиционной форме он состоит из описания состояния набора пространственно разобщенных, но генетически однообразных экосистем (имеющих общее происхождение), в разной степени нарушенных факторами среды или человеком. По существу, здесь реализуется тот же динамический подход, который позволяет за краткий период исследований описывать процессы, идущие в природе сотни лет. Большое внимание в экологии уделяется также пространственной организации экологических систем – зависимости биоты (населения, растительности) локальной территории от биоты окружающих территорий. В последнее время это направление получило существенное развитие в связи с использованием технологии ГИС и методов географического моделирования (в основе которого лежит описание процессов переноса, диффузии).

Третий методологический подход состоит в том, чтобы перейти от временных и пространственных линейных описаний состояния биосистем к площадным (объемным) характеристикам, связанным с изменением размера (масштаба) рассматриваемых объектов. По существу, описывается преемственность иерархической структуры экосистем (в широком смысле) при последовательном переходе от небольших (локальных) ко все более крупным (глобальным) образованиям. Выполнить такое описание можно разными путями, и один из наиболее простых – это составление графиков (и моделей) насыщения видовых списков сообществ по мере увеличения площади изученной территории.

Именно этот третий аспект рассмотрен в книге «Фракталы и мультифракталы в биоэкологии» (Гелашвили и др., 2013).

Д.Б. Гелашвили, Д.И. Иудин, Г.С. Розенберг,  
В.Н. Якимов, Л.А. Солнцев

# ФРАКТАЛЫ И МУЛЬТИФРАКТАЛЫ В БИОЭКОЛОГИИ



В этой книге представлен богатый опыт подобных исследований (как собственных, так и опубликованных), который выявил важную закономерность, связанную с изменением масштаба изучаемых объектов, – их самоподобие (изоморфизм). «Наша цель – продемонстрировать эффективность смены экологических “колодок мышления” при объяснении инвариантных характеристик структуры сообщества на основе принципа самоподобия» (с. 18). Как оказалось, по мере увеличения размеров (площади или времени существования) изучаемых природных сообществ их структурные характеристики остаются в определенном смысле стабильными. Несмотря на то, что при переходе от небольших ко все более и более крупным экосистемам показатели биоразнообразия постоянно увеличиваются, «правила» этого увеличения сохраняются неизменными. Таким образом, получается, что крупные образования имеют такой же структурный профиль, как и мелкие, и в этом смысле подобны друг другу. Фрактал – это и есть объект, сложенный из частей, структурно подобных ему самому. Идея самоподобия, фрактальной организации экологических объектов, позволяет предложить целый ряд количественных мер, эффективно «сворачивающих» экологическое многомерное пространство арены жизни в компактные, емкие описания.

Книга организована таким образом, чтобы читатель мог получить не только полное впечатление о

предлагаемом подходе, но и выполнить самостоятельное исследование, ориентируясь на примеры. Большую роль в этом отношении играет первая глава (объемом 44 с.), посвященная истории исследований по структуре многовидовых сообществ и методов их описания, служащая понятным введением в теорию фрактальной организации сообществ. Этому способствует и статья приложения, посвященная памяти выдающегося ученого Р. Маргалефа (объемом 29 с.). В целом основы теории фракталов изложены в достаточно доступной форме, очень интересны примеры экологических исследований, основанных на развиваемом подходе.

Всячески приветствуя выход этой книги, пожалуй, трудно только согласиться с авторами в исходном тезисе: «Звездные скопления, горные ландшафты, речные системы, поверхности облаков – все это примеры *стохастических фрактальных систем*, которыми в изобилии одаривает нас Природа» (с. 45). Здесь хочется воспользоваться второй «бритвой Поппера»: «...мы не можем утверждать, что природа устроена на английский манер, исходя из того, что можем описать ее на английском языке». Из того факта, что некоторые природные явления поддаются некоему математическому описанию, вовсе не следует, что мы выяснили закон их организации: хотя природу можно описать в терминах теории фракталов, но вряд ли для нее характерна фрактальная организация. (Или «миром правят числа»?) Мы имеем эффектный метод описания, но не теорию причинного объяснения экологических явлений. Апелляция к тому факту, что фрактальные структуры «вырастают» из степенных законов организации биосистем, указывает только на то, что мы должны обратить внимание на экологические причины столь успешной аппроксимации безликой степенной моделью. Подозрительна именно универсальность степенной функции, подходящей для описания самых разных явлений, подоплека которых должна быть различной. И кажущаяся общность многих явлений является всего лишь результатом применения однотипных приемов обработки данных, по существу – артефактом. Взять, к примеру, хрестоматийный пример геометрического самоподобия береговой линии: «Рассматривая изображения береговой линии, выполненные в разных масштабах, например 1:1000000 и 1:10000, мы не сможем сказать, какому масштабу соответствует каждая из картин: обе выглядят статистически одинаково. Это означает, что береговая линия самоподобна...» (введение ко второй главе, с. 45). Однако процедура изменения масштаба изображений от крупного к мелкому, которое в картографии называется генерализацией, выполняется человеком (или машиной по «человеческому» алгоритму). Сначала человек рисует реальную береговую линию, разрешение которой при полевой съемке физически не может быть выше 10 см, а при дешифрировании аэро- или космоснимка – 50-100 см. В процессе генерализации исследователь, поэтапно уменьшая масштаб, все больше и больше сглаживает и огрубляет береговую линию. Конечный результат всецело зависит от человека (что показывает сравнение одномасштабных карт, выполненных разными исполнителями). Разве можно после этого говорить о том, что серия разномасштабных карт соответствует какой-то объективной действительности и что береговая линия самоподобна по своей «природной сущности»? В реальности же не существует «грубой» береговой линии – это всего лишь ее человеческое восприятие с определенного расстояния. Можно ли тогда законы человеческой психики экстраполировать на вещественно заданную природу?

Последние рассуждения имеют тот смысл, что синопсис – это не рецензия, а провокация, задача которой – побудить читателя к более глубокому изучению предмета обсуждения. А разбираться с обозначенным предметом предстоит еще долгие и долгие годы. Представленная книга серьезно поможет идущим этим путем.

## Библиография

Гелашвили Д. Б., Иудин Д. И., Розенберг Г. С., Якимов В. Н., Солнцев Л. А. Фракталы и мультифракталы в биоэкологии. Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013. 370 с. URL: [http://www.bio.unn.ru/wpcontent/uploads/2012/04/Gelashvili\\_2013\\_Fractals.pdf](http://www.bio.unn.ru/wpcontent/uploads/2012/04/Gelashvili_2013_Fractals.pdf).

## **Matchless self-similarity**

**KOROSOV**  
**Andrey**

*Petrozavodsk State University, korosov@psu.karelia.ru*