

Фракталы в биологии



Компьютерный ландшафт (справа) напоминает скалы в заповеднике Цинжи-дю-Бемараха на Мадагаскаре



От оделированное программой дерево (слева)



Классический пример фрактала в природе — капуста романеско



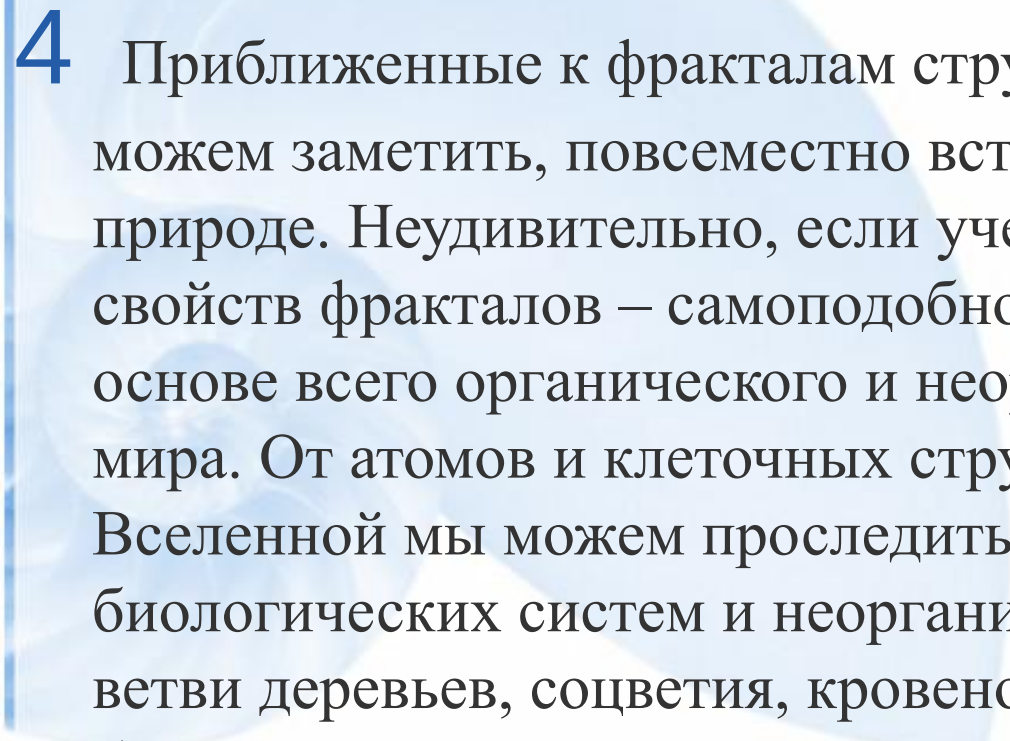
Изрезанное фьордами побережье Норвегии

Смятый лист бумаги



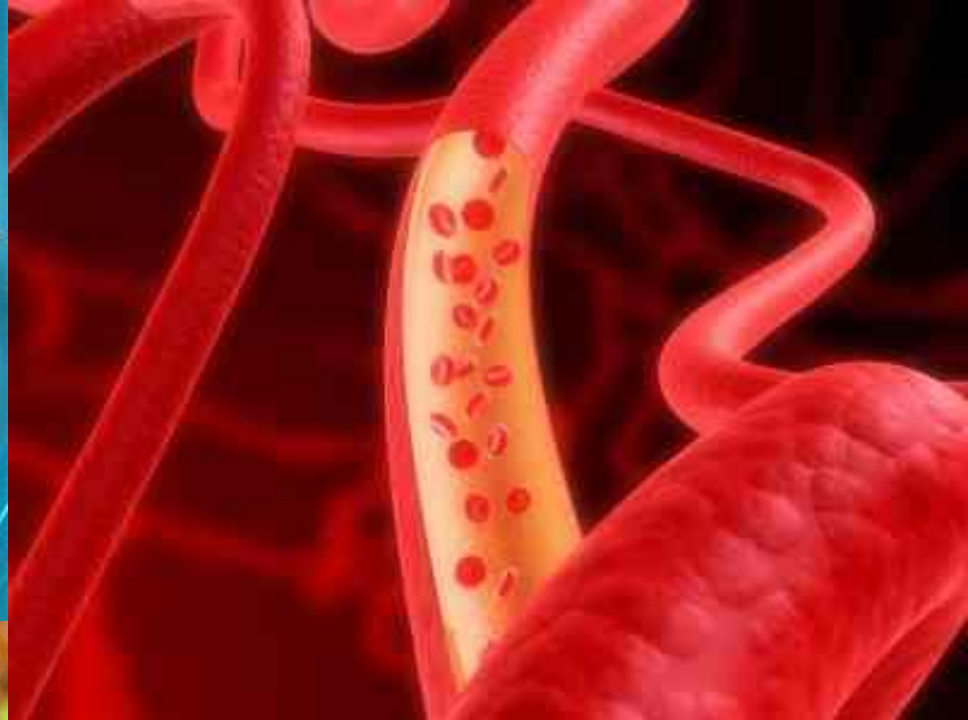
След от мощного электрического разряда в пластике (фигура Ликтенберга) — это молния в миниатюре





4 Приближенные к фракталам структуры, как мы можем заметить, повсеместно встречаются в природе. Неудивительно, если учесть, что одно из свойств фракталов – самоподобность – лежит в основе всего органического и неорганического мира. От атомов и клеточных структур до Вселенной мы можем проследить фрактальность биологических систем и неорганических веществ: ветви деревьев, соцветия, кровеносная и бронхиальная системы, некоторые кристаллы и т. д.



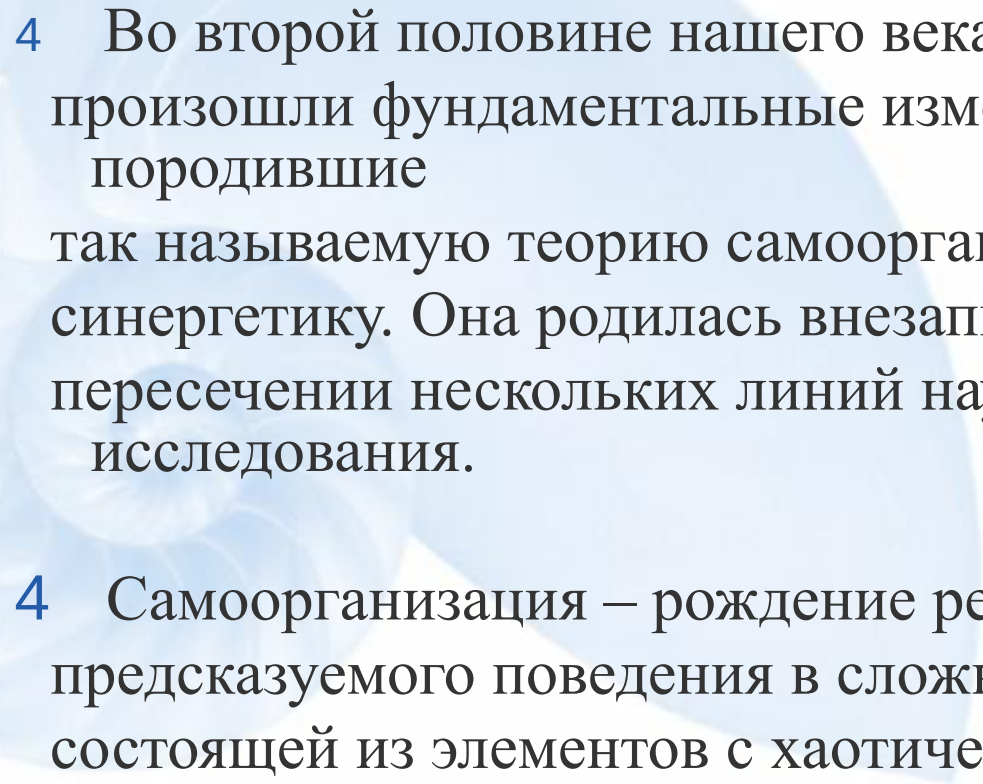


Фракталы и теория самоорганизации как методы изучения биологических систем



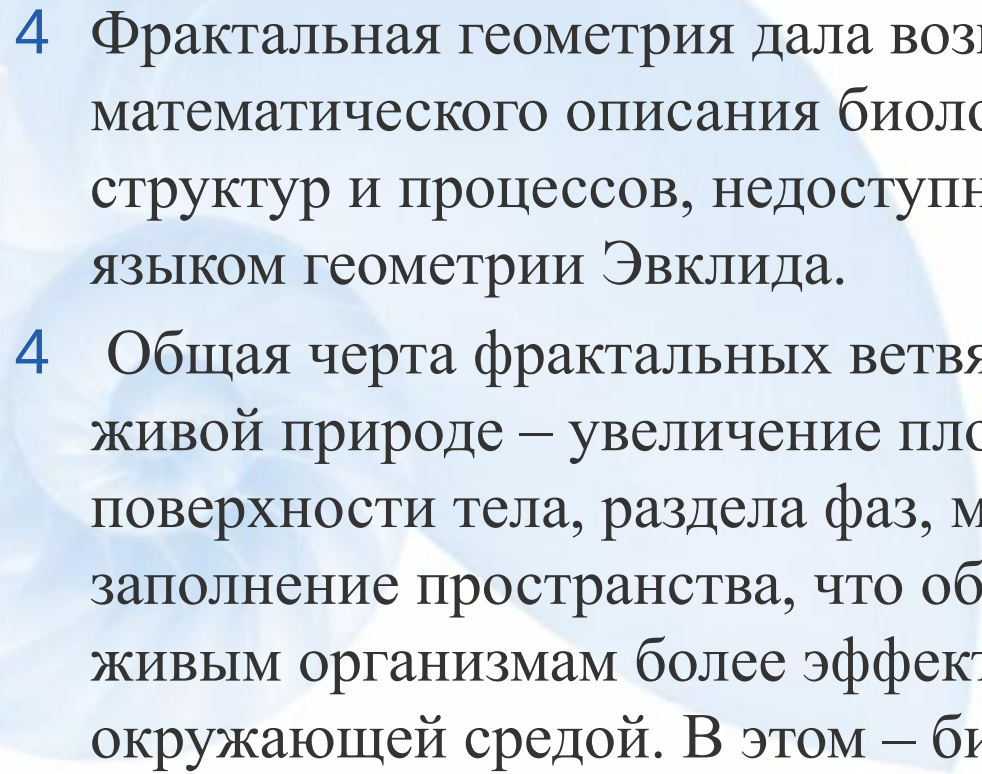
“ Я придумал слово “фрактал”,
взяв за основу латинское
прилагательное “fractus”,
означающее нерегулярный,
рекурсивный, фрагментный”.

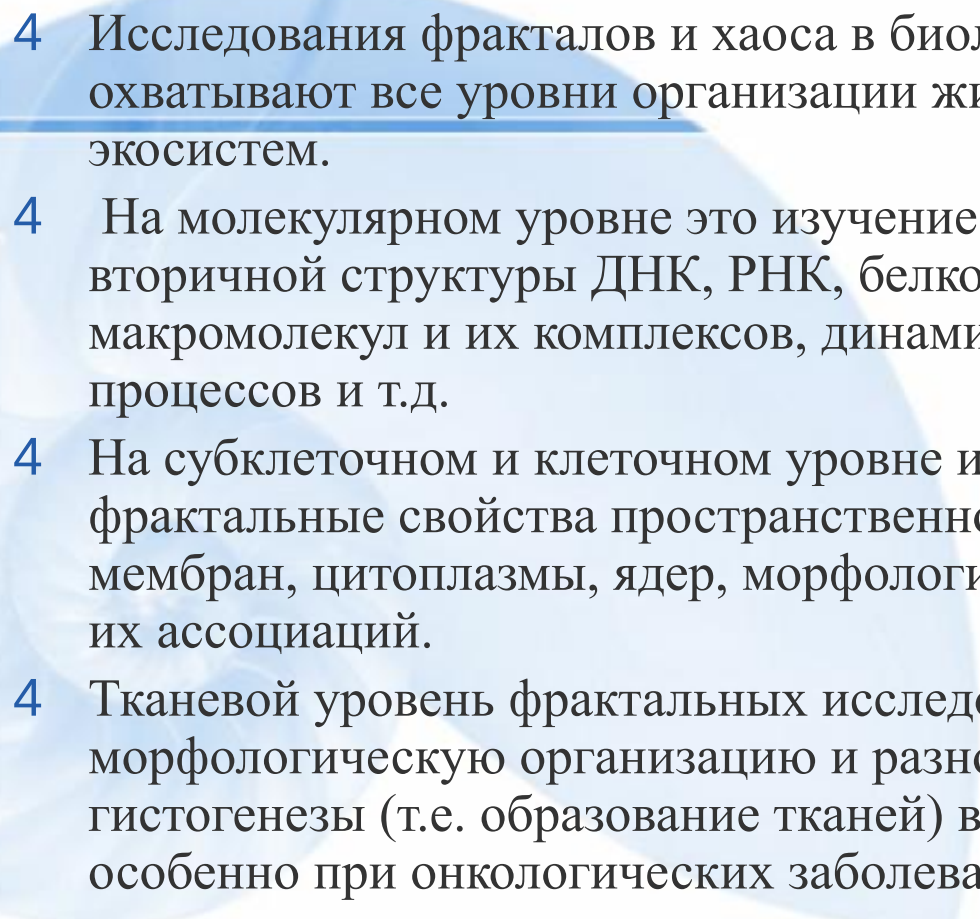
Бенуа Мандельброт

- 
- 4 Во второй половине нашего века в естествознании произошли фундаментальные изменения, породившие так называемую теорию самоорганизации, или синергетику. Она родилась внезапно, на пересечении нескольких линий научного исследования.
 - 4 Самоорганизация – рождение регулярного предсказуемого поведения в сложной системе, состоящей из элементов с хаотической динамикой (т. е. им свойственна многовариантность развития).

- 4 Принципы нелинейности и альтернативы выбора развития любого процесса, развития системы реализуется и при построении фракталов.
- 4 Таким образом, фракталы позволяют намного упростить сложные процессы и объекты, что очень важно для моделирования, и описать нестабильные системы и процессы и, самое главное, предсказать будущее таких объектов.



- 
- 4 Фрактальная геометрия дала возможность сжатого математического описания биологических структур и процессов, недоступных для описания языком геометрии Эвклида.
 - 4 Общая черта фрактальных ветвящихся структур в живой природе – увеличение площади поверхности тела, раздела фаз, максимальное заполнение пространства, что обеспечивает живым организмам более эффективный контакт с окружающей средой. В этом – биологическая функция таких структур, создающих огромное разнообразие биологических систем.

- 
- 4 Исследования фракталов и хаоса в биологии постепенно охватывают все уровни организации живого, от молекул до экосистем.
 - 4 На молекулярном уровне это изучение первичной и вторичной структуры ДНК, РНК, белков, других макромолекул и их комплексов, динамики окислительных процессов и т.д.
 - 4 На субклеточном и клеточном уровне исследуются фрактальные свойства пространственной организации мембран, цитоплазмы, ядер, морфология различных клеток и их ассоциаций.
 - 4 Тканевой уровень фрактальных исследований включает морфологическую организацию и разнообразные гистогенезы (т.е. образование тканей) в норме и патологии, особенно при онкологических заболеваниях.
 - 4 На уровне органов и организма изучается фрактальная организация дыхательной, сосудистой и других систем животных и растений, множество физиологических и поведенческих реакций организма.

4 На основе программ с использованием алгоритмов построения фрактальных структур созданы компьютерные имитационные модели ряда биологических объектов.

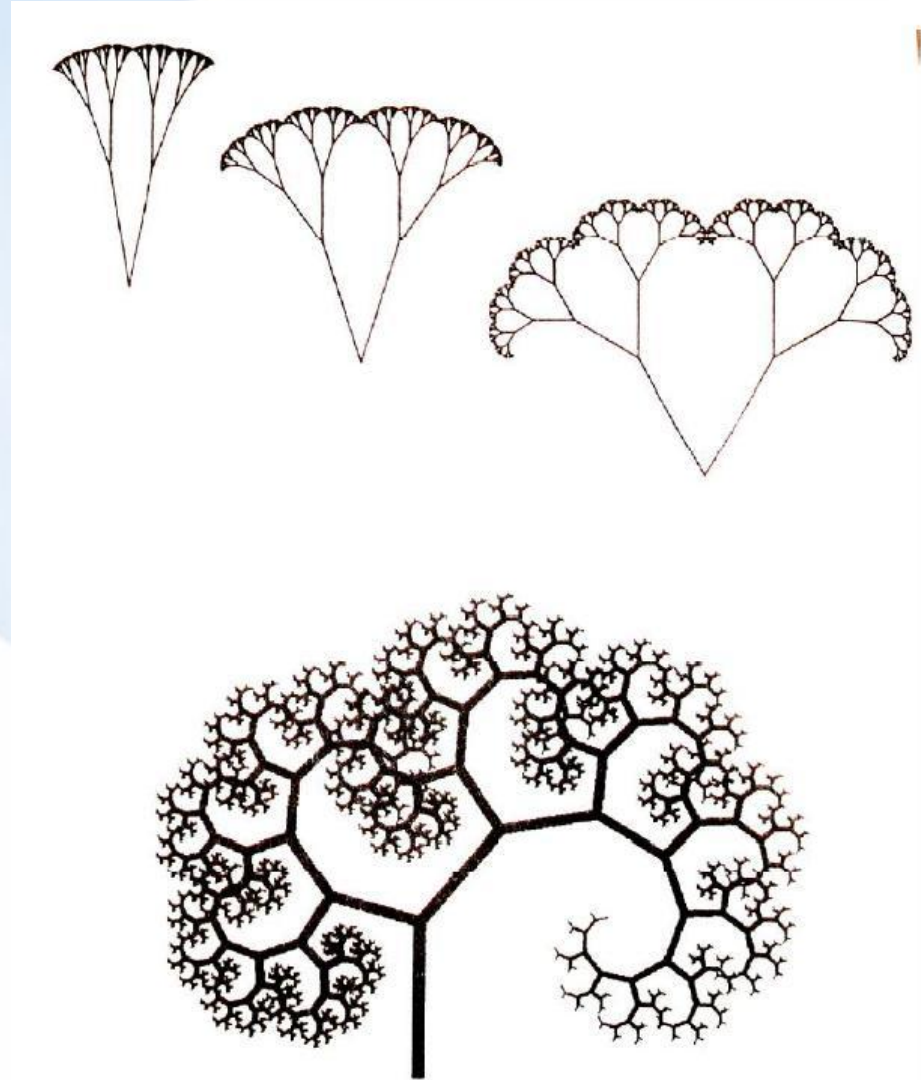
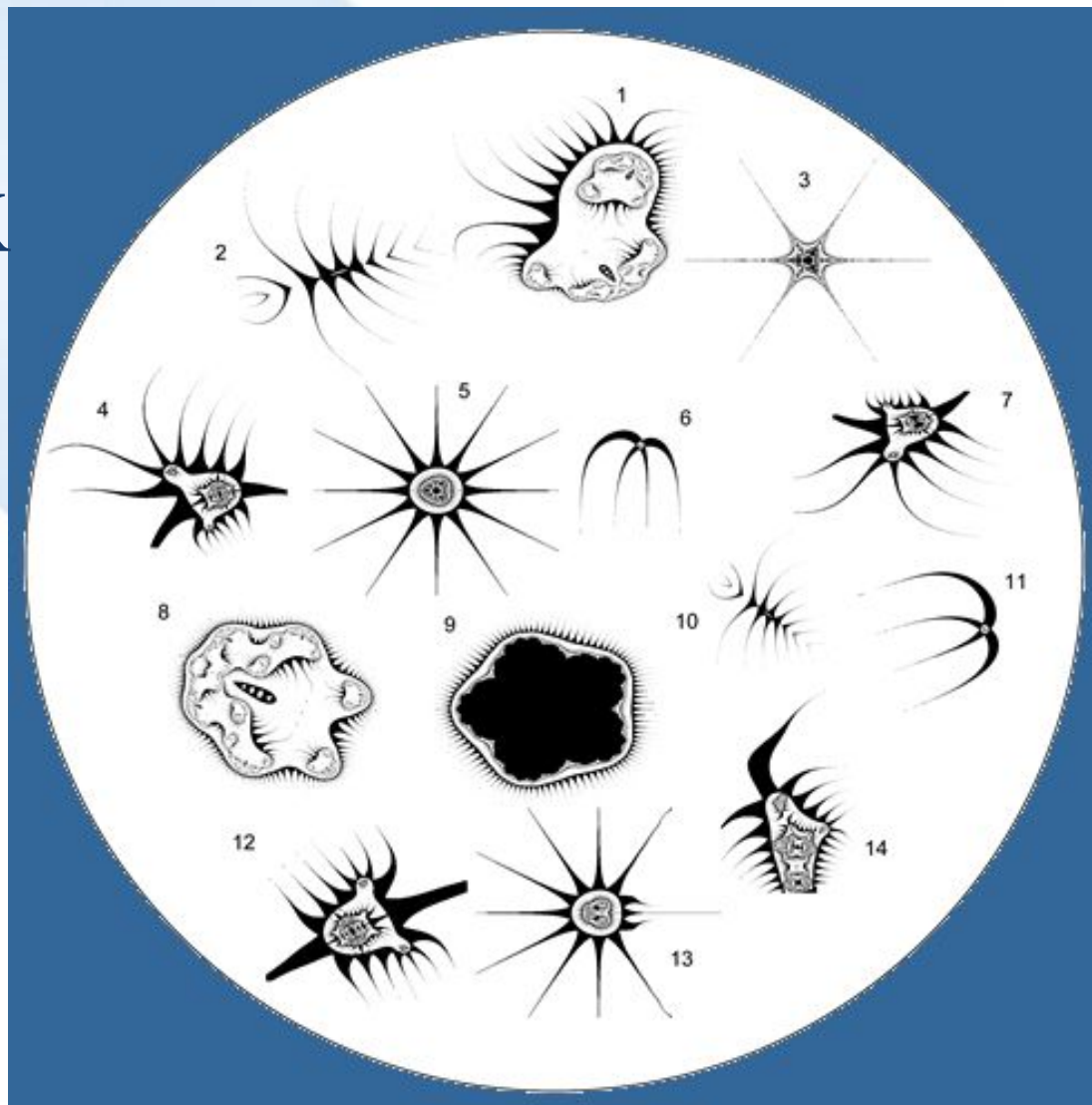
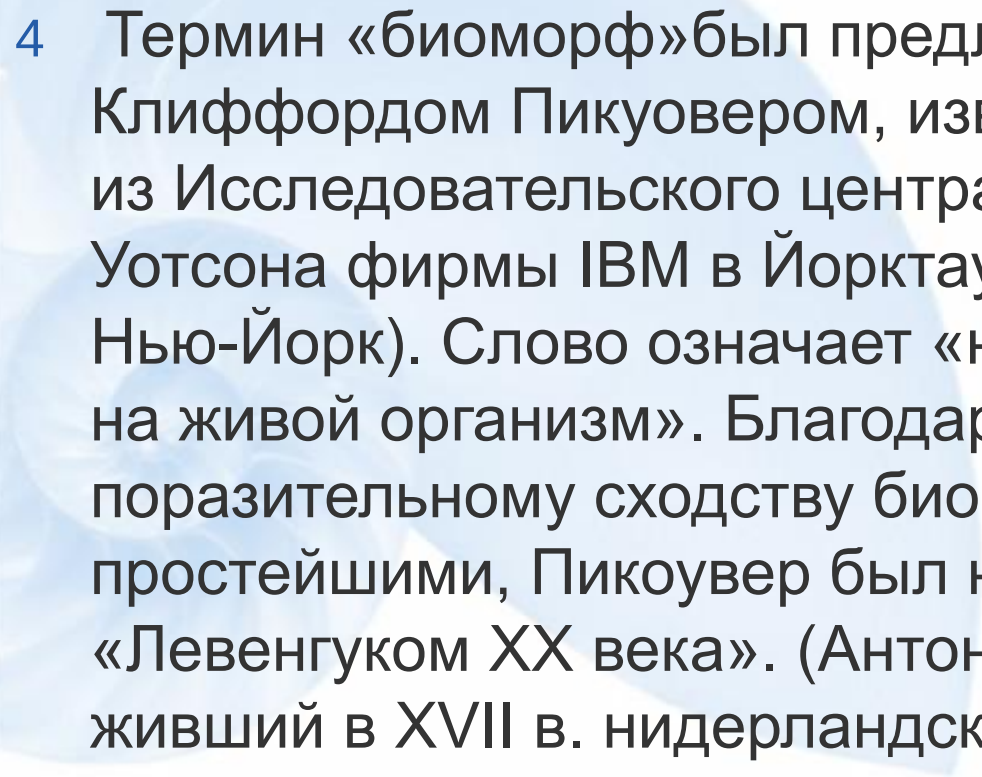
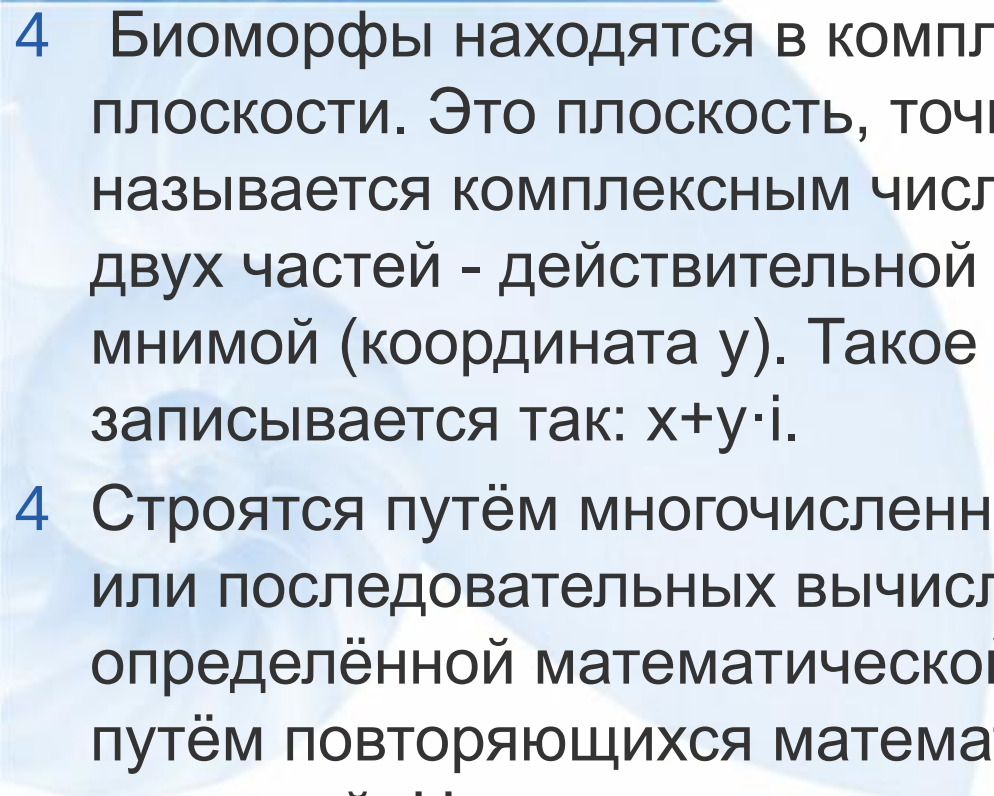


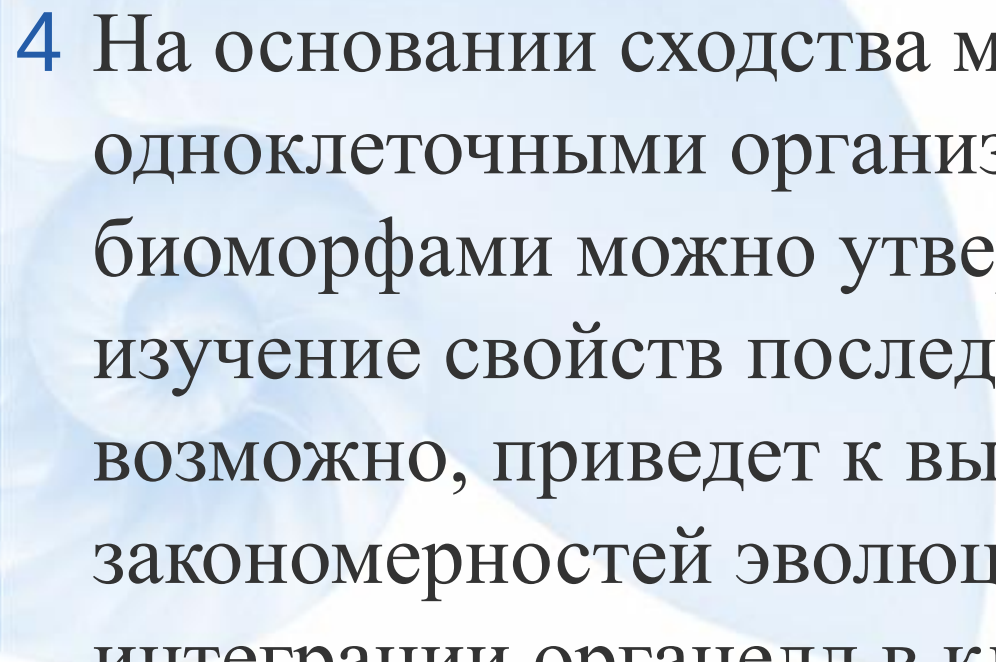
Рис. 41. Фрактальные растения (Mandelbrot, 1983)

Биоморфы –
одно из
практических
применений
фракталов.

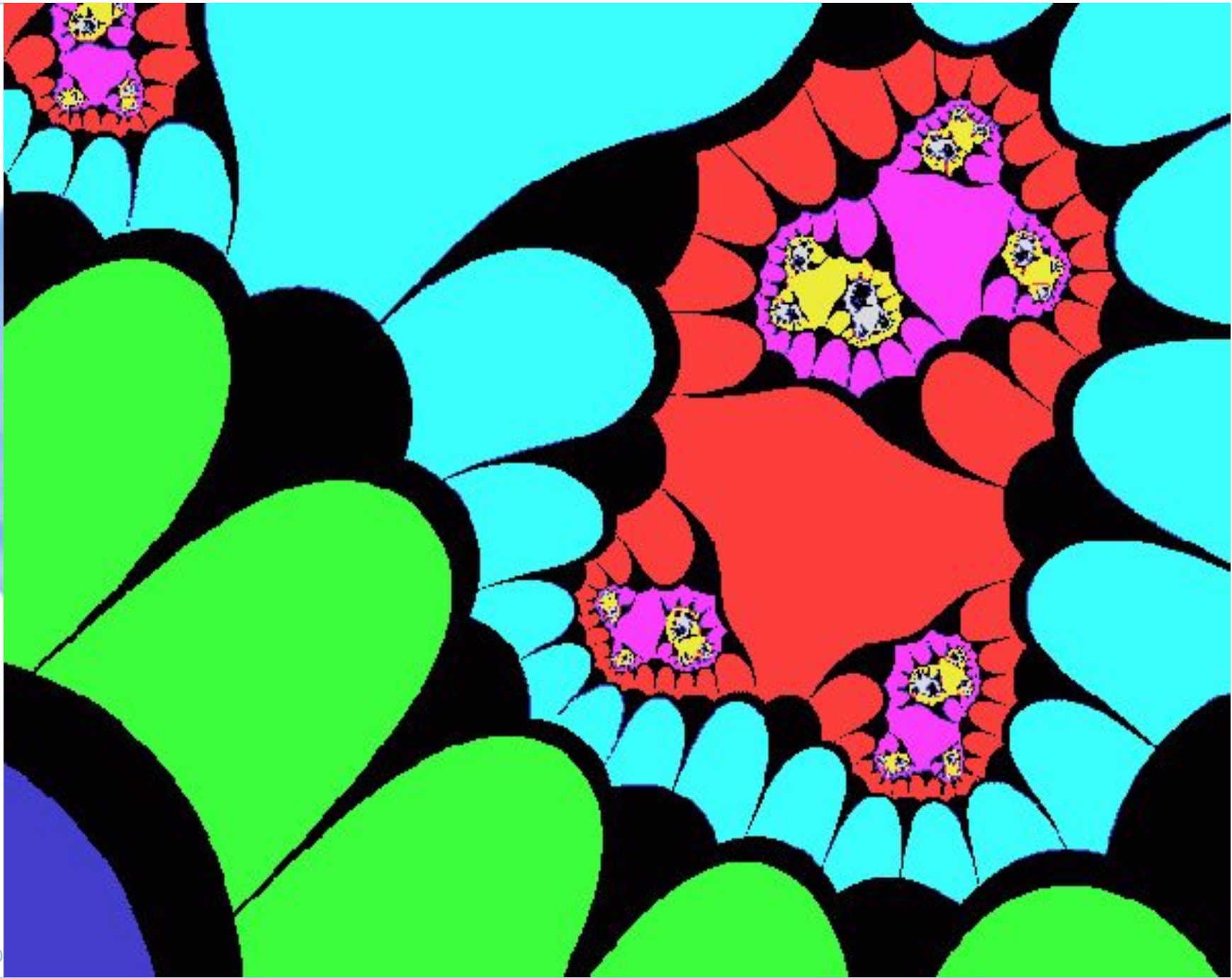


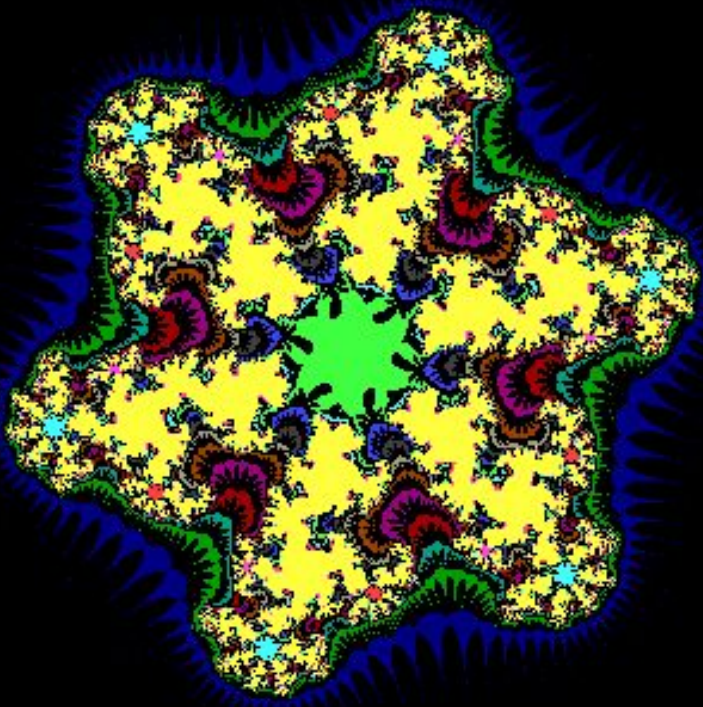
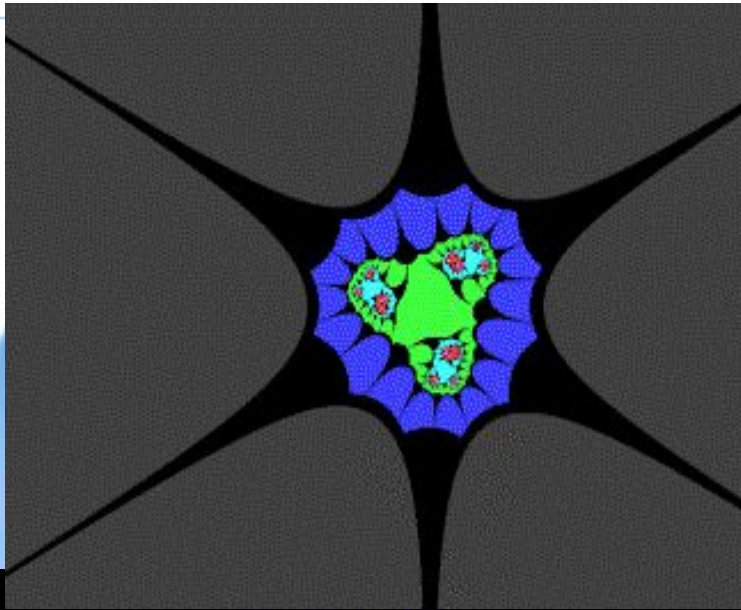
- 
- 4 Термин «биоморф» был предложен Клиффордом Пикоувером, известным ученым из Исследовательского центра им. Томаса Уотсона фирмы IBM в Йорктаун-Хейтсе (штат Нью-Йорк). Слово означает «нечто похожее на живой организм». Благодаря поразительному сходству биоморфов с простейшими, Пикоувер был назван «Левенгуком XX века». (Антони ван Левенгук, живший в XVII в. нидерландский натуралист, первым соорудивший микроскоп и увидевший в капле воды живые существа).

- 
- 4 Биоморфы находятся в комплексной плоскости. Это плоскость, точка на которой называется комплексным числом и состоит из двух частей - действительной (координата x) и мнимой (координата y). Такое число записывается так: $x+y \cdot i$.
 - 4 Строятся путём многочисленных итераций, или последовательных вычислений определённой математической функции, путём повторяющихся математических операций. На каждом шаге итерационного процесса результат предыдущего шага принимается за исходное значение переменной.



4 На основании сходства между одноклеточными организмами и биоморфами можно утверждать, что изучение свойств последних, возможно, приведет к выявлению закономерностей эволюции на этапе интеграции органелл в клетки.





- 4 Таким образом, фракталы находят широкое применение в биологии, помогая описывать различные процессы.
- 4 Фракталы играют одну из основополагающих ролей в эволюции и устройстве мира.

