

УДК 766

*Л.Н. Турлюн (Барнаул)*

## РАЗВИТИЕ И ОСОБЕННОСТИ ФРАКТАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ИСКУССТВА

Статья посвящена фрактальному цифровому искусству. Рассмотрена история формирования фрактальной геометрии, фрактальной графики и фрактального искусства. Показаны примеры применения фракталов в традиционном изобразительном искусстве и архитектуре. Акцентируется внимание на принципе бесконечности во фрактальном искусстве. Проведен сравнительный анализ законов построения классического орнамента с фрактальным узором.

*Ключевые слова:* фрактал, фрактальная геометрия, компьютерная графика, компьютерные технологии, фрактальное искусство, самоподобие.

*L.N. Turlyun, Associate Professor of the Department of the History of Russian and Foreign Art, Ph.D. art history Altai State University (Barnaul)*

## DEVELOPMENT AND FEATURES OF FRACTAL DIGITAL ART

The article is devoted to fractal digital art. The history of the formation of fractal geometry, fractal graphics and fractal art is considered. The article shows examples of the use of fractals in traditional visual arts and architecture. Attention is focused on the principle of infinity in fractal art. In the article, a comparative analysis of the laws of constructing a classical ornament with a fractal pattern is made.

*Keywords:* fractal, fractal geometry, computer graphics, computer technologies, fractal art, self-similarity.

**И**ntenсивное развитие науки, технологии и программного обеспечения в середине 80-х гг. XX в. привело к возникновению цифрового фрактального искусства, которое в дальнейшем выработало свой

художественный язык. Основой фрактального искусства послужил особый раздел математики — фрактальная геометрия.

В 70-е гг. XX в. французский математик Бенуа Мандельброт основал новую геометрию, связанную с описанием бесконечных самоподобных структур, которые возникли в процессе последовательного воспроизведения алгебраических и геометрических преобразований.

Фрактальная геометрия с помощью новых формул позволяла описывать сложные формы природных объектов. Б. Мандельброт называл фрактальную геометрию еще и геометрией природы. Ученым в 1977 г. была опубликована научная монография под названием «Фрактальная геометрия природы», которая в дальнейшем выдержала за рубежом несколько изданий и была переведена на многие языки. Основной целью фрактальной геометрии являлся анализ морщинистых, сломанных и расплывчатых форм. Слово «фрактал» Мандельброт использовал потому, что это предполагало фрагментарность и фракционность данных форм.

Перед Мандельбротом стояла задача описать визуальные образы языком уравнений, тем самым доказать близость математики и искусства. Таким образом ему удалось синтезировать традиционную полярность этих понятий в науку о фрактальной геометрии в природе, где математика и взгляд человека встречаются друг с другом. Он успешно переводил формулы в картинки. Тема взаимоотношения геометрического и эстетического в мире фракталов весьма интересовала выдающегося математика. В своей научной статье «Фракталы и искусство во имя науки» Мандельброт рассуждает: «Может ли форма, которая определяется простым уравнением или простым правилом построения, восприниматься людьми, далекими от геометрии, как имеющая эстетическую ценность — а именно, как, по меньшей мере, удивительно декоративная или возможно даже как произведение искусства?» Исчерпывающий ответ Мандельброта: «Если геометрическая форма — фрактал, то ответ — да» [1].

В 1980-х гг. с помощью фрактальной геометрии удалось выявить на компьютере скрытые формы природы, такие как структура листа, разряд в магнитном поле, разряд молнии, ледяные узоры, снежинки, тающий лед, улитка, ветви деревьев, капуста романеска. В этих и во многих других структурах природы и биологии можно встретить фракталы. Фрактал — самоподобие, т.е. одна часть фрактала подобна другой части, при этом сходство не зависит от масштаба рассмотрения. Если посмотреть на фрактал в микроскоп или посмотреть на расстоянии, то по-прежнему будут видны повторяющиеся формы. Это важное свойство фрактала. Математики с применением фракталов пытаются возродить первоначальной способ изображения и изучения геометрических форм природы, до того, как

были изобретены циркуль и линейка. Роль фрактальной геометрии заключается в том, что она предлагает нам метод подробного и очень точного описания мира, в котором мы живем, в частности живого мира.

В развитии компьютерной графики фрактальная геометрия сыграла важную роль, на ее основе была создана фрактальная графика, с помощью которой стали моделировать элементы живой природы, природные ландшафты и абстрактные узоры, имеющие фрактальную размерность. К середине 1980-х гг. фракталы были ключевой парадигмой в компьютерной графике, на ее основе стали развиваться новые виды искусства: искусство хаоса, фрактальное искусство. Эти виды искусства в течение 1980-х гг. стали популярны в художественной среде и в обществе в результате организации выставок и публикациях СМИ. В 1980-х гг. Ричардом Ф. Воссом (R.F. Voss) была создана композиция «Фрактальный восход планеты» («Fractal Planetrise», 1982), которую можно отнести к художественному произведению цифровой фрактальной живописи [2]. Тем не менее, Б. Мандельброт первым цифровым фрактальным художником считал своего бывшего студента Кена Масгрейва (Ken Musgrave). Кен Масгрейв на основе собственных мультифрактальных алгоритмов создал целую галерею реалистичных планетарных пейзажей. Первые опыты компьютерной графики в кинематографических картинах также связаны с фрактальными алгоритмами генерации горных ландшафтов. В 1984 г. в институте Гёте состоялась первая выставка фрактального искусства «Frontiers of Chaos» («Границы хаоса»), работы были выполнены математиками и физиками Бременского университета под руководством Петера Рихтера (P. Richter) и Ханца-Отто Пайтгена (O.-H. Peitgen). Многие из тех работ представляли собой цветные фрагменты множества Мандельброта и вошли в изданную спустя десятилетие книгу «Красота фракталов» [3]. Именно первая международная выставка визуализированных математических алгоритмов стала началом компьютерного фрактального искусства.

«Границы хаоса» – это название выставки было выбрано не случайно, так как фрактальная графика хаотична, более того, теория хаоса и фрактальная геометрия развивалась параллельно. Визуализацией хаоса занимались такие художники, как Нолл, Наке и Molnar. Только 1980-е гг. визуализация хаоса становится существенной метафорой в изобразительном искусстве, так как имеет тесную связь с развитием новой области исследования – теорией хаоса, связывающей математику, физику и философию. Теория хаоса — математический аппарат, описывающий поведение некоторых нелинейных динамических систем, подверженных при определённых условиях явлению, известному как хаос. Поведение такой системы кажется случайным, даже если модель, описывающая систему, является

детерминированной [4]. Теория хаоса рассматривалась как революция научной мысли двадцатого столетия.

Б. Мандельброт считал, что фрактальная геометрия положила начало новой художественной форме, которую можно рассматривать как вид минималистского геометрического искусства, демонстрирующего поразительное сходство с произведениями художников-живописцев, а также можно найти сходство в архитектурных сооружениях или в орнаментостроении. Данный факт можно аргументировать тем, что фракталы, так же, как и произведения традиционных жанров изобразительного искусства, содержат в себе длину, масштаб, элементы самоподобия и ритмические повторы. Можно привести ряд примеров в изобразительном искусстве, где встречаются фракталы – это рисунок Леонардо да Винчи «Всемирный потоп», фронтиспис «Бог-геометр» французского «Библейского нравоучения в картинках» XIII в., гравюры японского художника Кацусики Хокусая (конец XVIII – начало XIX в.). Особое впечатление на Б. Мандельброта произвело творчество К. Хокусая. Он заметил у японского художника поразительное «чутьё на фракталы», где художник смело обращался к формам, которые были осознаны наукой гораздо позже. Данным примером служит одна из работ художника «Большая волна в Канагаве». Это произведение стало даже прообразом графической фрактальной волны, которую сгенерировал на плоскости функции комплексного переменного Б. Мандельброт [1].

Принцип фрактального построения мы можем встретить и в абстрактном искусстве. Живописные полотна чешского художника Франтишека Купки фрактальны, одно из его полотен «Lignes animées» (1921—1923) поразительно схоже с фрагментом множества Жюлиа. Хорошо видна фрактальность и в других его работах, например, в картине «Вокруг точки», работа «Водоворот» создана по принципу фракталов аттрактора Лоренца. Фрактальность присутствует и в творчестве других художников, в особенности Робера Делоне и его супруги Софьи. Их работы тоже напоминают фракталы. К примеру, картина Робера Делоне напоминает образ Вселенной Фурнье, которая по существу является фрактальной [5, с. 100]. Не обошел вниманием тему кругов и Кандинский в работе «Несколько кругов». Одним из немногих, кто работал в стиле геометрического абстракционизма в России, был Михаил Чернышев [6, с. 6].

В архитектуре также часто встречаются фракталы. Архитектурный декор, узоры орнаментов решеток и оград напоминают нелинейные фракталы. Принцип фрактального формообразования в архитектуре применяются с древних времен. Фрактальные черты церковного многоглавия – пример русского деревянного храмового зодчества [7, с. 4]. Куль-

товые сооружения, такие как ступенчатые пирамиды, храмовые и крепостные башни, колокольни, построены по принципу алгоритма Серпинского. К концу XX в., после появления книг Б. Мандельброта, фракталы в архитектуре становятся научно обоснованными. Б. Мандельброт первым написал о фрактальности архитектуры и привел в пример здание Парижской оперы (архитектор Ш. Гарнье) как пример фрактального произведения [1, с. 250]. М. Шредер в качестве примера самоподобия в архитектуре называет замок Кастель дель Монте, построенный по собственному проекту императора Римской империи Фридриха II. Этот замок представляет в плане правильный восьмиугольник, к его вершинам пристроены восемь мощных башен, каждая из которых также имеет в плане форму правильного восьмиугольника [8, с. 87].

Трехмерная реализация спирального декора в виде параллельных либо раскручивающихся во встречных направлениях и пересекающихся спиралей воплощена главами храма Василия Блаженного. «Храм Василия Блаженного являет фрактал золотого сечения, определяемый по меньшей мере восемью членами ряда золотого сечения» [9, с. 49]. Для разных типов архитектурных сооружений можно найти фрактальный аналог, двумерный или трехмерный, и тем самым выявить их фрактальный алгоритм.

Фрактальная графика была создана для компьютерных художников, которые привыкли рисовать реальными инструментами – кистями, карандашами и т.д. Здесь же имитируются основные инструменты художника: перо, карандаш, водяные краски, жидкий металл, а также многие другие виртуальные инструменты. Разработаны алгоритмы синтеза коэффициентов фрактала, позволяющего воспроизвести копию любой картинке, сколь угодно близкой к исходному оригиналу. С точки зрения машинной графики фрактальная геометрия незаменима при генерации искусственных облаков, гор, поверхности моря. Фактически благодаря фрактальной графике найден способ эффективной реализации сложных объектов, образы которых весьма похожи на природные.

Создатель фракталов — это художник, скульптор, фотограф, изобретатель и ученый в одном лице. Художник сам задает форму рисунка математической формулой, исследует сходимость процесса, варьируя его параметры, выбирает вид изображения и палитру цветов, т.е. творит рисунок «с нуля».

Компьютерная фрактальная графика позволяет создавать причудливые фрактальные узоры, которые схожи по строению с классическими орнаментами – это ритм, симметрия, метр, модуль, повторяющиеся мотивы или элементы в орнаменте. Также орнаментостроение подчиняется нескольким законам:

- 1) пропорциональности, так как в создании орнаментальной композиции обязательно выдерживаются пропорции форм и их составных частей, пропорции размеров, пропорции между рисунком и фоном;
- 2) соподчинения, заключается в выделении главных и второстепенных элементов орнамента, где второстепенные элементы подчиняются главным;
- 3) доминанты, когда в орнаментальной композиции выделены один или несколько доминирующих орнаментальных элементов по размерам, форме, фактуре и цвету;
- 4) орнаментального контрапункта, если орнаментальная композиция строится с применением замкнутых элементов, которые соединяются в единый орнаментальный образ.

Проанализировав строение фрактального узора, мы пришли к выводу, что все законы построения орнаментов применяются и во фрактальных узорах. Также традиционный орнамент «арабеска» по построению очень схож с фракталом, они построены на основе геометрической сетки, подчиняются принципу бесконечности в чередующихся группах орнаментальных элементов, а визуализация бесконечности является основным свойством фрактального искусства.

Принцип бесконечности относится также и к философско-математической категории, к нему обращался еще древнегреческий философ Аристотель. По его утверждению, бесконечность фрактальных алгоритмов существует в модальности возможного, становящееся, но не ставшее, делимое до бесконечности, «то, вне чего всегда есть что-нибудь» [9]. Также философ утверждал, что бесконечное существует таким образом, что всегда берется иное, а взятое всегда бывает конечным, но всегда разным. «Притом для величины это происходит с сохранением взятого, для времени и людей — вместе с их уничтожением, так, однако, чтобы не было перерыва» [9]. По сути, Аристотель философски интерпретировал фрактальные алгоритмы математических структур и процессы социокультурной трансмиссии, в которых бесконечное одновременно дискретно и непрерывно. К осмыслению бесконечности обращался и математик Средневековья Григорий да Римини, он считал, что «всякое нечто, которое бесконечно, может быть равно какой-то части всей бесконечности» [10], по сути, также речь шла о фрактальных математических элементах.

В конце XIX в. Георгом Кантором была выдвинута теория множеств, которая в дальнейшем и была названа теорией множеств его имени. С помощью данной теории Кантор пытался понять принцип бесконечности, благодаря своей теории он пришел к выводу о бытии не только различных типов бесконечности (счетной, т.е. дискретной, и несчетной, т.е. контину-

альной), но и вообще о бесконечности различных бесконечностей. Чтобы проиллюстрировать свои идеи, Кантор придумал хрестоматийный геометрический фрактал — «Канторову пыль». Философско-математические идеи Кантора разделяли и математики Давид Гильберт и Джузеппе Пеано, именами которых также названы фрактальные кривые. Благодаря бесконечным изгибам они заполняют полностью объем фигуры или участок плоскости. Кривые Пеано-Гильберта наглядно показывают, что во фрактальной реальности уравниваются бесконечности разных топологических размерностей.

В своих исследованиях в области дескриптивной теории множеств и философского обоснования реальности бесконечности русские математики начала XX в. Николай Лузин, Дмитрий Егоров и Павел Флоренский пришли к выводу, что «новые бесконечные множества после их поименования обретают реальность, которой они до этого не обладали». Таким образом, пройдя путь от философско-математического осмысления, принцип бесконечности стал использоваться во фрактальном цифровом искусстве. Компьютерные технологии не только сыграли важную роль в визуализации бесконечности во фрактальном искусстве, но и смогли донести до зрителя художественные и эстетические ценности фрактальной бесконечности. Бесконечность считается основным критерием в создании фрактального узора, это исходит из самой сути цифрового фрактального искусства, которое основано на визуализации итерационного алгоритма расчетов нелинейных комплексных функций  $z_{i+1} = F(z_i)$ , где начальным значением каждой итерации служит конечный результат предыдущего.

Бесконечность во фрактальном искусстве визуально показывает динамику. Формы бесконечностей во фрактальном искусстве разнообразны, можно увидеть, как квадратная форма переходит в пятиугольную или волнообразную форму, волнообразная форма скручивается или сгибается, форма дробится или расплющивается. Таким способом можно создавать разнообразные фрактальные узоры.

Фрактальный узор, не имеющий математической основы, обладает важным свойством — он непредсказуем для создателя. Изначально невозможно контролировать полностью все аспекты графического изображения, если вы, конечно, не профессиональный математик, или перед вами не стоит задача создать конкретный узор по заранее разработанной формуле.

Фрактальная графика, как и векторная, вычисляемая, но отличается от нее тем, что никакие объекты в памяти компьютера не хранятся. Изображение строится по уравнению (или по системе уравнений), поэтому ничего, кроме формулы, хранить не надо. Изменив коэффициенты в уравнении, можно получить совершенно другую картину.

Фрактальными свойствами обладают многие объекты живой и неживой природы. Обычная снежинка, многократно увеличенная, оказывается фрактальным объектом. Фрактальные ритмы лежат в основе роста кристаллов и растений. Способность фрактальной графики моделировать образы живой природы вычислительным путем часто используют для автоматической генерации необычных иллюстраций [11].

Фракталы бесконечной сложности и красоты могут быть сгенерированы простыми формулами на простых домашних компьютерах из псевдослучайных элементов: художник выбирает формулу – и создается изображение, которое затем можно изменить, применив к нему различные эффекты с помощью графических программ. Наиболее распространенный способ изменения фрактальных изображений – масштабирование. Открытие фракталов было открытием новой эстетики искусства, науки и математики [12, с. 97]. Фрактальную графику, в отличие от растровой и векторной, можно считать менее вещественной, более самобытной и существующей изначально как вид искусства исключительно в цифровой среде. Конечно, теоретически можно воссоздать поведение математической формулы фрактала и на бумаге, но такое занятие настолько технически трудоемко, что становится бессмысленным.

Абстрактные узоры и фрактальные ландшафты создаются из разных видов фракталов. Фракталы классифицируются на группы: геометрические фракталы, алгебраические фракталы, стохастические фракталы.

Геометрические фракталы являются самыми наглядными в двухмерной графике, геометрические фракталы создаются при помощи ломаной линии в трехмерной графике с помощью генератора. За одно действие алгоритма каждый из отрезков, из которых состоит ломаная линия, происходит замещение на ломаную-генератор в нужном масштабе. В процессе бесконечного повторения этих действий создается геометрический фрактал.

Российский художник-фракталист Виктор Рибас утверждает, что эстетика фрактального искусства связана с принципиально иной образностью и способами её восприятия. Содержанием новой образности фракталов являются выход за границы реального мира, декоративность, интерьерность.

Постепенно понятие «фрактальное искусство» вышло далеко за рамки математического, алгоритмического, цифрового искусства. Концепции фрактальности обязаны своим возникновением такие новые формы живописи медийного искусства, как фрактальный экспрессионизм Дерка Нильсена [8]. Следовательно, фракталы в настоящее время являются прорывом в области компьютерного искусства, потому что они относятся к совершенно новому классу изображений в построении форм, когда изменяются совершенно иные параметры, в отличие от векторной графи-



ки. Фрактальные изображения, созданные на компьютере, действительно, стали уникальными, создающими невообразимый мир компьютерного искусства. Фрактальное искусство сегодня развивается, помимо фрактальной графики существует фрактальная живопись, фрактальная анимация и фрактальная музыка [13].

Фрактальное искусство – это прежде всего творчество, требующее креативного мышления, серьезного труда и интеллекта художника.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. М., 2002.
2. Mandelbrot B.B. Fractals and an Art for the Sake of Science // Leonardo. 1989. – Supplemental Issue. – Vol. 2: Computer Art in Context: SIGGRAPH '89 Art Show Catalog
3. Kocic L.M. Art Elements in Fractal Constructions // VISMATH. 2002. Vol. 4, №1.
4. Википедия [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org>
5. Божогин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. М., 2001.
6. Шлык В.А. Фракталы в абстрактном искусстве и дизайне // Известия Челябинского научного центра. 2004. Вып. 1(22).
7. Исаева В.В., Касьянов Н.В. Фрактальность природных и архитектурных форм // Вестник Дальневосточного отделения РАН. Серия: Культура. 2006. №5.
8. Николаева Е.В. Исследования фракталов в изобразительном искусстве // Художественная культура. 2012. №2.
9. Гайденок П.П. Научная рациональность и философский разум. М., 2003.
10. Введение в философию : учебное пособие / под ред. И.Т. Фроловой. М., 2004.
11. Турлюн Л.Н. Математика у истоков компьютерного искусства // Мир науки, культуры, образования. 2011. № 4-2.
12. Лившиц В.М. Фракталы и монотипия // Химия и жизнь. 2004. №9.
13. Волошинов А.В. Об эстетике фракталов и фрактальности искусства // Синергетическая парадигма. Нелинейное мышление в науке и искусстве. М., 2002.

### BIBLIOGRAPHY

1. Mandelbrot B. Fractal geometry of nature. Moscow, 2002.
2. Mandelbrot, B.B. Fractals and an Art for the Sake of Science // Leonardo. 1989. Supplemental Issue. Vol. 2: Computer Art in Context: SIGGRAPH '89 Art Show Catalog

3. Kocic L.M. Art Elements in Fractal Constructions // VISMATH. 2002. Vol. 4, №1.
4. Wikipedia free encyclopedia [Electronic resource]. URL: <http://en.wikipedia.org>.
5. Bozhogin S.V., Parshin D.A. Fractals and multifractals. M., 2001.
6. Shlyk V.A. Fractals in Abstract Art and Design // Izvestiya Chelyabinsk Scientific Center. 2004. No. 1(22).
7. Isaeva V.V., N.V. Kasyanov N.V. Fraktalnost natural and architectural forms // Culture. Bulletin of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences, 2006 №5 from 119
8. Nikolaeva E.V. Investigations of fractals in the visual arts // Khudozhestvennaya kultura. 2012. № 2.
9. Gaidenko P.P. Scientific rationality and philosophical reason. Moscow, 2003.
10. Introduction to philosophy. Textbook for high schools edited by Frolova I.T. M., 2004.
11. Turlyun L.N. Mathematics at the origins of computer art // World of Science, Culture, Education. 2011. № 4-2.
12. Livshits V.M. Fractals and monotype // Chemistry and Life. 2004. No. 9.
13. Voloshinov A.V. On the aesthetics of fractals and the fractality of art // Synergetic paradigm. Nonlinear thinking in science and art. Moscow, 2002.

УДК 7

*Чэнь Синь (Харбин, Китай)*  
*Т.М. Степанская (Барнаул)*

---

## **ВЛИЯНИЕ РУССКОЙ ЭМИГРАЦИИ НАЧАЛА XX В. НА КИТАЙСКУЮ ХУДОЖЕСТВЕННУЮ КУЛЬТУРУ: ИСТОРИОГРАФИЧЕСКИЙ АСПЕКТ**

Исследуется становление творчества китайских художников северо-востока Китая, прежде всего – Харбина, при участии русских художников-педагогов в первой половине XX в., влияние русской эмиграции начала XX в. на китайскую культуру. Эта тема продолжает оставаться актуальной как для российских, так и для китайских исследователей. Авторы глубоко изучили историографию заявленной темы.