

И сама устремленность, высочайшие достижения и неукротимая воля его мысли с хранимой ею «великой недосказанностью», вне всякого сомнения, суть реальные самостоятельные шаги отважной личности на этом пути.

#### Список литературы

1. *Муравьев В.Н.* Сочинения: в 2 кн. — М., 2011. — Кн. 2.
2. *Богданов А.А.* Всеобщая организационная наука: (Тектология). — Ч. 2. — Л.; М., 1925—1929.
3. *Булгаков С.Н.* Агнец Божий: О богочеловечестве. — Париж, 1933. — Ч. 1.
4. *Муравьев В.Н.* Сочинения: в 2 кн. — М., 2011. — Кн. 1.
5. *Бергсон А.* Творческая эволюция. — Москва; Жуковский, 2006.
6. *Иванов Вяч.* Родное и вселенское. — М., 1917.
7. *Муравьев В.Н.* Преобразование общества // НИОР РГБ. Ф. 189. К. 13. Ед. хр. 10.
8. *Муравьев В.Н.* Ипостасийность // НИОР РГБ. Ф. 189. К. 12. Ед. хр. 19.
9. Фрагменты ранних греческих философов. — М., 1989. — Ч. I. От эпических теокосмогоний до возникновения атомистики.
10. *Чижевский А.Л.* Теория космических эр // Циолковский К.Э. Грезы о земле и небе. — Тула, 1986.

УДК 008-027.21;008:001;008:1  
ББК 71.0

А.Л. ВИСЛЕНКО

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА К КУЛЬТУРНЫМ ОБЪЕКТАМ

Рассматриваются вопросы обоснованности и результативности применения метода фрактального анализа к социокультурным объектам различной природы. На основе анализа специальной литературы по теме показано, что принципиально возможно получение практически значимых результатов для прогнозирования динамики культурных процессов и, в том числе, изучения эволюции социокультурных систем. Метод требует выполнения относительно сложных математических процедур, неоднозначных при анализе социокультурных объектов, и значительного количества исходных данных, что, в свою очередь, накладывает строгие обязательства на исследователя.

*Ключевые слова:* культура, иерархия, социокультурная система, фрактал, временной ряд, анализ, прогноз.

**Д**ля философии культуры наступили трудные времена. Ее естественная эволюция от состояния гуманитарной дисциплины спекулятивного типа к полноценной науке, оснащенной всеми формальными атрибутами, неминуемо приводит к необходимости проведения междисциплинарных исследований и применению сторонних методов. Растущий объем культурологического знания все более выражается не только в количестве описываемых текстов, но и в создании баз данных, объединяющих культурные артефакты и процессы. Извлечь новый специфический и неочевидный культурный смысл из этих данных возможно только методами, аналогичными естественнонаучным, но перед тем, как создавать собственные формальные способы анализа, следует испытать возможности существующих. Поэтому культурологи, ищущие испытанные естественнонаучные методы, которые могли бы помочь в решении насущных задач в области теории культуры, в последнее время часто приходят к мысли о применении

в этих целях фрактального анализа, по праву ставшего одним из популярных методов анализа результатов последовательных наблюдений в течение некоторого времени (временных рядов). Привлекательность этого метода в том, что при умелом использовании он обещает получение новых, необычных результатов даже там, где прежними методами достичь чего-либо уже невозможно.

Основанием для такого заключения служат несколько факторов.

1. Независимость объекта исследования от природы происхождения. Показано, что фрактальные свойства присущи не только неживым системам (берег моря, дельта реки, турбулентные потоки газа или жидкости), но также органическим (система кровеносных сосудов в легких, крона дерева и форма куста), культурным и ментальным системам (схема парижского или лондонского метро, застройка городских кварталов, произведения живописи и рекламная видеопродукция). И поскольку строгого определения фрактала до сих пор не существует, то, в



Рис. 1.

Фрагмент напольной мозаики собора г. Ананьи (Италия, начало XIII в., авторы Джакопо и Лука Космати). Вверху справа хорошо виден узор из треугольников, вложенных друг в друга

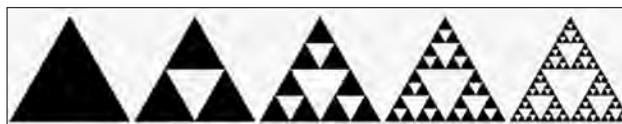


Рис. 2.

Эволюция «Треугольника Серпинского» — одного из известных геометрических фракталов

одна в другую (рис. 1). В XX веке при разработке темы геометрических фракталов эта фигура получила название «Треугольник Серпинского»; она также известна как «салфетка» или «решетка» Серпинского (рис. 2).

2. Использование фрактального метода сильно упрощает описание поведения сложных систем. В обычной ситуации для предсказания отклика объекта сложной формы на внешнее воздействие необходимо описать его с помощью системы евклидовых координат, что очень непростая задача. При использовании фрактального метода достаточно задать всего лишь три параметра, которые устанавливаются экспериментально, исходя из наблюдаемой естественной глубины самоподобия объекта. Сегодня уже существует несколько различных способов вычисления фрактальной размерности и со временем, наверняка, появятся более простые новые методы.

3. Эта методология позволяет оценивать временные свойства и получать конкретные численные характеристики социокультурных процессов, что особенно важно при изучении эволюции культурных объектов и явлений, их оценке и сравнении. Именно эта возможность впервые открывает перед культурологией подлинно научную дорогу, проходящую через эксперимент и численное моделирование.

И наконец, использование синергетической терминологии (или неравновесной термодинамики — в терминах

принципе, любой повторяющийся даже с флуктуациями временной ряд можно рассматривать как фрактал, вопрос лишь в степени глубины фрактальности, то есть в количестве повторений (циклов), что сказывается затем на точности анализа. А для социокультурных процессов и явлений цикличность — один из характерных признаков. Естественные фрактальные системы выделяются в отдельный класс стохастических фракталов, которые характеризуются случайным изменением какого-либо параметра. Кроме того, они ограничены глубиной самоподобия, которая обычно не превышает 3—5 итераций. Так, одно из самых старинных известных произведений искусства со свойством самоподобности — напольная мозаика в соборе г. Ананьи (Италия) — имеет фрактальную глубину 3, то есть мозаика на полу церкви содержит 3 одинаковых по форме, но разных по площади фигуры, вложенных

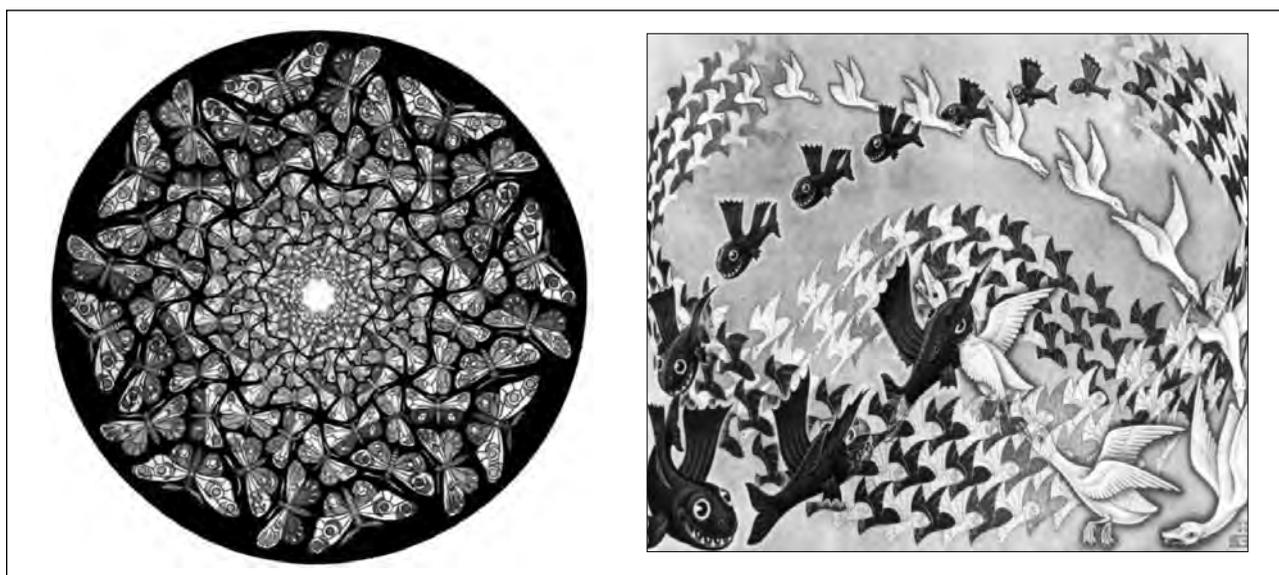


Рис. 3.

М.К. Эшер. Circle Limit with Butterflies (1950 г.) и Predestination (1951 г.)

брюссельской школы) просто модно и придает любым, даже самым банальным рассуждениям, налет авангардизма, легкой загадочности и романтики.

Естественно, наиболее наглядные результаты применения фрактального анализа относятся к тем сферам культуры, в которых имеются измеримые данные. Экономика, как одна из самых формализованных сфер гуманитарной культуры, применяет фрактальный анализ особенно широко, результаты эти хорошо известны, многократно описаны и в силу своего большого объема не могут обсуждаться в настоящей статье. К другим подобным областям относятся музыка, архитектура, отчасти живопись и литература. Известно, как современные композиторы используют свойства фракталов при создании своих произведений. Например, Д. Лигети в своих сочинениях для фортепиано, или К. Штокхаузен, строивший в своих электронных этюдах 1 и 2 организацию на всех уровнях по одному и тому же сериальному принципу. Конечно, речь идет, скорее, о музыкальных экспериментах, нежели об обычном сочинении. Фрактальные мотивы легко заметны в творчестве голландского художника М.К. Эшера (рис. 3).

Значительная часть работ по изучению социокультурных явлений и процессов с применением современных нелинейных методов в музыке посвящена, в частности, вопросу «шум в музыке и музыка в шуме». При этом, как правило, исследователи не ограничиваются только вычислением фрактальной размерности, но дополнительно используют и иные методы: спектральный и фликкер-анализ, вариационные методы (с коррекцией ошибок и без), вейвлет-преобразования и пр. Рассмотрим несколько показательных результатов применения фрактального анализа.

В таблице 1 показаны результаты расчетов фрактальной размерности  $D$ , полученные как среднее вычислений для нескольких ( $N$ ) музыкальных произведений различных жанров [1]. Авторы полагают, что статистически доказали возможность классификации музыкальных жанров по фрактальной размерности произведений. Высокие значения размерности первых четырех видов авторы связывают с относительно высоким темпом, резким ритмом. Благодаря четко выраженным ударным и уровнем громкости звука попадание в эту группу жанра «релакс» авторы объяснили значительным уровнем шума.

Следующая четверка тоже ритмична, но в более медленном темпе. Для последней группы характерны и медленный темп, и неявный ритм.

Похожие результаты получены в исследованиях Сю и Ву [2].

Также оказалось, что в период с 1700 по 1950 год фрактальная размерность западноевропейских музыкальных произведений находится в диапазоне от  $D = 1,3$  до  $D = 1,9$  и не имеет явного временного тренда [3].

Нетрадиционные результаты были получены в ходе исследования изменения фрактальных свойств живописных произведений Дж. Поллока и симфонических

пьес И.С. Баха. Его авторы поставили своей целью найти связь между эстетической, объективной и социальной «сложностью» произведений разных жанров [4]. Оказалось, что значения фрактальной размерности  $D$  картин Поллока изменились с  $D \approx 1$  в 1943 году до  $D = 1,72$  в 1954 году, что сегодня вполне может быть критерием объективной датировки и подлинности работ. Также, по мнению авторов исследования, эстетическая ценность картин Дж. Поллока и произведений И.С. Баха коррелирует с их фрактальной размерностью. Кроме того, по результатам оценки фрактальной размерности и энтропии для 80 музыкальных отрывков, написанных разными авторами в XVII (И.С. Бах) и в XX веках (Е. Картер), была обнаружена явная степенная зависимость между этими параметрами. Был сделан следующий вывод: авторский метод дает возможность оценивать сравнительные эстетические и социальные качества произведений искусства различных жанров с точки зрения восприятия их аудиторией.

В аналогичном исследовании на примере сорока музыкальных произведений было показано, что с вероятностью 98 % возможна классификация произведений по жанрам, авторская атрибуция и предсказание эмоционального воздействия на слушателей [5].

Таблица 1

Жанр	N	D
Трэш	26	1,894
Рок'н'ролл	19	1,871
Тяжелый металл	21	1,864
Релакс	10	1,863
Прогрессивная	15	1,836
Джаз	15	1,836
Электронная	19	1,835
Концертная	16	1,823
Традиционная	18	1,797
Симфоническая	17	1,792
Струнные квартеты	8	1,782
Ноктюрны Шопена	5	1,779

Весьма широко фрактальный анализ применяется для исследований в архитектуре и городском строительстве. Независимость результатов анализа от масштаба измерения во фрактальном анализе позволяет приме-

Таблица 2

	Центр	Пригород	Окрестности	Max	Min	Среднее
Застройка	1,702	1,537	1,401	1,911	1,223	1,525
Дорожная сеть	1,766	1,691	1,643	1,854	1,381	1,690

нять его для изучения застройки городов и более крупных территорий [6]. Так, в работе [7] рассчитываются фрактальные параметры застройки Милана на основании сетевого анализа карты города. Оказалось, что в целом (для всей карты) фрактальная размерность очень низка  $D=1,075$ ; авторы объясняют это как «сильное растворение» городской структуры по всей площади карты. Однако анализ центральной части Милана показал высокое значение  $D=1,804$ , а при движении по радиусу от центра к периферии оно постепенно снижается до 1,601, что вызвано, по-видимому, тем, что застройка периферии менее компактна. Более того, застройка за пределами города носит почти хаотический характер; в этом случае  $D < 1,0$ .

Франко-бельгийское исследование фрактальной структуры Антверпена было направлено на определение применимости метода для анализа качества городской застройки с точки зрения прокладки улиц и дорог [8]. Оказалось, что фрактальная размерность застройки и дорожной сети Антверпена соответствует значениям для других европейских городов и составляет для разных районов города значения, приведенные в таблице 2.

Фрактальная размерность застройки показывает, насколько равномерно застроены городские районы, а размерность дорожной сети — насколько полно она покрывает районы застройки (доступность зданий). Видно, что степень доступности возрастает по мере продвижения

к окрестностям города и в целом по его территории выше, чем равномерность застройки. Авторы отмечают, что все полученные данные хорошо согласуются с историей, географией и ландшафтом города и могут быть использованы в городском планировании.

Фрактальный анализ находит применение в самых разнообразных сферах культуры. Так, исследование [9] направлено на идентификацию выразительных характеристик фракталов в моде с целью анализа того, как фрактальные принципы отражаются в терминах формы и значения. Автор делает вывод, что «фрактальная эстетика преследует порядок, баланс, разнообразие и открытость среди беспорядка и ненадежности». Эти категории, по мнению автора, тесно связаны с функцией современной моды, которая работает как многослойный код, вместо того, чтобы ограничиваться обычной идеей о моде, как исключительно функции «одежды».

Применение фрактального анализа к исследованию литературных текстов носит гораздо более ограниченный характер, что, вероятно, связано со сложностью формализации объекта.

Известный филолог Т.Б. Бонч-Осмоловская посвятила несколько работ итогам поисков самоподобия в литературе [10]. В результате ею было выделено несколько типов специфических литературных фракталов: структурные, семантические, рассказ в рассказе, бесконечные тексты, нарративные (перекликающиеся с живописными произведениями).

Таблица 3

Название пьесы	Количество букв в тексте	Фрактальная размерность (D)
Гамлет	135 003	0,45
Кориолан	124 626	0,47
Тит Андроник	92 467	0,518
Антоний и Клеопатра	116 209	0,55
Король Лир	115 968	0,56
Отелло	115 245	0,57
Макбет	77 524	0,60

В работе Али Эфтехари [11] были проанализированы фрактальные свойства текстов Шекспира, исходя из распределения частоты появления букв (табл. 3). Показано, что фрактальная размерность в этом случае обратно пропорциональна длине текста, что, по-видимому, следует связывать с энтропийно-информационными свойствами текста.

В целом можно сделать вывод об отсутствии конкретных результатов в данной области применения фрактального анализа. На этом фоне эффективность фрактальных исследований социокультурных процессов в обществе гораздо выше.

Авторы доклада [12] исходили из многочисленной цикличности социальных процессов, среди которых выделили новации (технологии, моды, религии, идеологии и т. п.), чье распространение сравнивается с процессами в неживой природе, проходящими в «автоволновом режиме по схеме самораспространения высокотемпературного синтеза» (горения). На основании дальнейших расчетов методом накопленного отклонения делается вывод, что «социум можно рассматривать как протяженный пространственно-временной фрактал, где основным носителем активности (“горючим материалом” среды) является сознание человека».

В работе [13] на основании построенной авторами теоретической модели сделан вывод о наличии фрактальных свойств у таких культурных сетевых систем, как, например, сети WWW.

В работах А.А. Давыдова было показано, что для «строения и динамики социума характерно <...> образование самоподобных структур (фракталов), в которых части подобны целому с фрактальной размерностью  $D \sim 1,6$ » [14]. Автор пишет: «Для измерения подобия и сложности социальной динамики в системной социологии используется классический метод фрактального анализа», откуда «известно, что с 95 % вероятностью среднее значение фрактальной размерности ( $D$ ) для некоторых социальных процессов может быть заключено в интервале  $1,436 < D < 1,635$ » [15]. Выяснилось также, что многие временные ряды социологических данных представляют собой мультифракталы, то есть их размерность (и показатель Херста) не является постоянной, а изменяется во времени.

В относительно давней и хорошо известной работе Николаева и Ворониной изучались циклические процессы в ряде стран (Франция, Германия, Англия, США, Древний Рим, Византия, Россия и Китай), связанные со сменой правителей в течение 1536 лет [16, с. 183]. Фрактальный анализ временных рядов последовательности продолжительностей правлений  $i$  ( $i=1,2, \dots, n$  в годах,  $n$  — общее число правлений) позволил получить значения фрактальной размерности  $D$ , которая оказалась следующей: для Англии и Германии  $D=1,59$ , для России  $D=1,55$ , Китая  $D=1,56$ , Франции  $D=1,46$ . Однако социокультурный смысл полученных результатов никак не комментируется.

Приведенные примеры, которыми, конечно же, далеко не ограничивается круг вопросов культуры, ана-

лизируемых с использованием фрактальных методов, иллюстрируют практические возможности этих методов. Причем, вне рассмотрения пока остаются иные возможности анализа, например, связанные с абсолютной величиной фрактальной размерности  $D$  и иных статистических характеристик. Так, из теории фракталов известно, что целая часть показателя  $D$  указывает на количество управляющих параметров аналитической функции, что открывает направление для дальнейшего анализа. Отсюда следует, в частности, что изменение фрактальной размерности объекта в ходе его эволюции от начального значения около 1 до постоянных значений, близких к 2, говорит о стабилизации его развития и о возможном наступлении бифуркации с переходом в иное состояние либо в форме повторения предыдущего цикла развития, либо даже развития в качественно новой форме с количеством управляющих параметров, равным 2. Очевидно, что такой результат дает пищу для разнообразных культурологических и философских толкований.

Сложнее обстоит дело в ситуации так называемого культурного фрактала, который, как принято считать, в своей структуре репрезентирует все существенные характеристики его культуры. Сложность здесь состоит в наличии масштабной инвариантности и в измеримости управляющих параметров. Однако в большинстве исследований культурологической направленности не предъявлено каких-либо конкретных результатов, что позволяет говорить об их сугубо описательном характере. К сожалению, такая ситуация характерна для большого числа публикаций, посвященных теме фракталов в культуре, в которых никаких рациональных выводов, кроме факта констатации фрактальности на уровне наличия самоподобия в данной художественной или социальной среде, не делается.

Некоторые исследователи видят выход в выделении фракталов, относящихся к ментальным и социокультурным явлениям и процессам, в особый класс концептуальных фракталов [17]. Вероятно, в этом случае следует говорить о самоподобии и инвариантности концептуального ряда, например, при воспроизводстве идеологического, религиозного, морально-этического и прочего содержания цивилизационной последовательности социокультурных ситуаций. При этом фрактальный анализ применяется к конкретному событийному временному ряду. Примером такого повторяющегося ряда может быть история русской цивилизации, включающая в себя последовательно «вложенные» друг в друга социокультурные образования, идеологически основанные на принципиально общих ценностях и нормах, происходящих из христианской православной культуры: Московская Русь — Имперская Россия — Советский Союз — Российская Федерация. Трудностью в этом случае является надлежащее задание формального параметра ряда.

Более простой пример связан с фрактальными свойствами виртуальной реальности и нелинейным гипертекстом, инвариантность которых тоже проявляется на кон-

цептуальном уровне [18]. Под вопросом, однако, остается глубина самоподобия такой системы, достаточная для того, чтобы образованная последовательность форм могла рассматриваться как фрактал, оценка ее хаусдорфовой размерности и степени достоверности такого расчета, поскольку количество данных, как правило, невелико. Однако в любом случае возникает вопрос: а зачем это делать? Ведь смысл любого анализа состоит в дальнейшем синтезе, или прогнозировании.

Тем не менее, исследование показывает, что подавляющее большинство статей на тему фрактального анализа культурных и социальных объектов не содержат никакого анализа в буквальном смысле и тем более речь не может идти о дальнейшем синтезе. Хотя реальная потребность в получении численных характеристик социокультурных процессов назрела давно, ее отсутствие до сих пор заставляет культурологию (по крайней мере, отечественную) как науку топтаться на месте, вновь и вновь возвращаясь к описаниям того, что уже было многократно описано. Сложность применения современных математических методов в междисциплинарных исследованиях культуры очевидна и понятна, что, однако, не освобождает от ответственности за размножение бессодержательных текстов.

Представляется, что смысл применения фрактального анализа в культуре состоит в выяснении природы изучаемого социокультурного явления или процесса и получения возможности предсказания его будущего поведения (эволюции). Возможно, более высокая эффективность метода достигается при анализе социокультурных процессов, развивающихся во времени. Для этого необходимо иметь достаточно большую выборку данных (как правило, от 1000), надлежащим образом задать управляющие параметры процесса, вычислить специфическую фрактальную характеристику — дробную метрическую размерность временного ряда, описывающего исследуемый объект, и определить статистическую степень достоверности полученного результата.

Замечено, что фрактальные характеристики природных и антропогенных процессов различаются и обладают противоположными статистическими свойствами. Для исследования этих характеристик сегодня чаще применяется индекс Херста  $H$  (прямо связанный с хаусдорфовой размерностью  $D$ ), позволяющий «очистить» показания от высокочастотного шума и выявить наличие длинных низкочастотных корреляций.

Анализ свойств систем различной природы в зависимости от индекса Херста в диапазоне  $0 — 1$  показывает следующее. Для периодических или близких к периодическим вариаций наблюдаемой величины показатель  $H=0$ . Значение  $0 < H < 0,5$  указывает на антиперсистентное поведение наблюдаемого параметра, то есть изменение в прошлом, ведет к обратному изменению в будущем. Значение  $H=0,5$  указывает на отсутствие долгосрочной зависимости (броуновское движение). В диапазоне  $0,5 < H < 1$  для исследуемой системы наблюдается персистентное

поведение с положительной памятью. И, кроме того, чем ближе значение  $H$  к 1, тем выше степень устойчивости долгосрочной зависимости.

Для природных процессов характерны значения показателя Херста вблизи значений  $0,71 — 0,74$  и персистентное поведение [19]. Для антропогенных процессов значения  $H$  с высокой вероятностью находятся в диапазоне  $0 — 0,5$ , и чаще наблюдается антиперсистентное поведение.

Эти результаты имеют очевидное значение при исследовании социокультурных процессов и явлений, однако до сих пор они не получили естественнонаучного и философского объяснения. Что, впрочем, не может помешать их применению в культурологическом анализе.

Итак, можно сделать вывод о реальной области применения действительного фрактального анализа в культуре: определение временных свойств социокультурных процессов, поиск устойчивых связей в прошлом, вывод о характере поведения систем и процессов в будущем.

В качестве примера приведем результаты анализа временного ряда информационной активности русского общества в период с 1800 по 2014 год, характеризующей уровень социокультурного развития. Оказывается, что этот временной ряд состоит из трех положительных волн примерно равной длительности: феодальная имперская Россия (1800—1861), буржуазная имперская Россия (1862—1918), Советская Россия (1920—1991) [20].

Расчеты показывают, что для этой последовательности  $H=0,828$ , что говорит о персистентном поведении всей социокультурной системы и наличии положительной длинной корреляции. Иными словами, это значит, что, во-первых, социокультурные системы следует рассматривать в целом как объекты естественной природы, и, во-вторых, российская социокультурная система в указанный период вела себя как система с памятью о предыдущем периоде примерно аналогичной длительности, то есть — до времени, близком к началу XVII века. К сожалению, доступных данных для еще более раннего периода российской истории, которые позволили бы построить аналогичную зависимость и продолжить анализ, не обнаружено. Прогноз на будущее показывает, что следует ожидать продолжения этой последовательности в форме новой волны информационной активности и значительного повышения значений социокультурного состояния российского общества относительно его нынешнего состояния.

Следует отметить, что анализ динамики социокультурных систем, претендующий на точность, должен учитывать их иерархическую организацию, когда из горизонтально объединенных подсистем меньшего размера складываются более крупные, связанные вертикально. Такие системы в нормальном состоянии обладают широким спектром динамического поведения, а в кризисной ситуации этот спектр резко сужается. Подобный факт хорошо известен, например в кардиологии: спектр сингулярности сокращений здорового сердца весьма широк, а больного — очень мал. Исследование текущего состояния

и эволюции иерархических систем, в том числе социокультурного типа, возможно с помощью рассмотрения так называемого мультифрактального спектра сингулярности и обобщенного показателя Хёрста  $H^*$ . Более того, возможно, корреляция между параметрами мультифрактального спектра и  $H^*$  при некоторых условиях позволит определять примерное время наступления кризисной ситуации в системе [21].

Итак, анализируя круг вопросов, связанных с применением фрактального анализа в культуре, мы приходим к выводу, что современный уровень развития этого метода, его математическое и программно-аппаратное обеспечение допускают лишь ограниченное и, главное, профессиональное его использование. Помимо субъективных факторов, это связано со сложностями формализации культурных объектов, а также отсутствием достаточного количества необходимых данных. Тем не менее, перспективные возможности этого метода достаточно велики, а результаты наверняка будут востребованы не только в научной среде.

И, конечно, все эти итоги требуют широкого философского осмысления, которое, скорее всего, будет возможно только после получения целого массива результатов культурологического фрактального анализа.

#### Список литературы

1. *Bigerelle M., Iost A.* Fractal dimensions and classification of music // *Chaos, Solitons and Fractals*. — 11 (2000). — P. 2179—2192.
2. *Su Zhi-Yuan, Wu Tzuyin.* Multifractal analyses of music sequences // *Physica D: Nonlinear Phenomena*. — 2006. — 221. — № 2. — P. 188—194.
3. *Boon J.-P., Decroly O.* Dynamical systems theory for music dynamics // *Chaos*. — Vol. 5. — № 3. — 1995. — P. 501—508.
4. *Boon J.-P., Casti J., Taylor R. P.* Artistic forms and complexity // *Nonlinear dynamics psychology and life sciences*. — 2011. — Vol. 15. — № 2. — P. 265—283.
5. *Manaris B., Romero J., MacHado P., Krehbiel D., Hirzel T., Pharr W., and Davis R. B.* Zipf's Law, Music Classification, and Aesthetics // *Computer Music Journal*. — 2005. — Vol. 29. — № 1.
6. *Айрапетов А.А.* Проблемы применения фрактальной теории в архитектуре // *Вопросы теории архитектуры. Архитектурно-теоретическая мысль Нового и Новейшего времени: сб. науч. тр. / под ред. И. А. Азизян*. — М.: КомКнига, 2006. — С. 305—320.
7. *Caglioni, M., Giovanni, R.* Contribution to fractal analysis of cities: A Study of metropolitan Area of Milan [Электронный ресурс] // *Tèmes Rencontres de Théo Quant, Besançon, France 20-21 février 2003. Articles sélectionnés par Cybergeo*. — Режим доступа: <http://cybergeo.revues.org/index3634.html>.
8. *Thomas I., Frankhauser P.* Fractal dimensions of the built-up footprint: buildings versus roads. Fractal evidence from Antwerp (Belgium) // *Environment and Planning / B: Planning and Design*. — 2013. — № 1. — P. 310—329.
9. *So-Hee Um.* A Study on Diverse Expression in Modern Fashion through the Principle of Fractal Geometry // *The Research Journal of the Costume Culture*. — 2010. — № 8. — P. 703—716.
10. *Бонч-Осмоловская Т.Б.* Фракталы в литературе: в поисках утраченного оригинала [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.metodolog.ru/01202/01202.html>
11. *Eftekhari A.* Fractal Geometry of Text: An Initial Application to the Works of Shakespeare / *Journal of Quantitative Linguistics*. — 2006. — Vol. 13. — № 2—3. — P. 177—193.
12. *Кучин И.А., Лебедев И.А.* Фракталы и циклы социальных процессов [Электронный ресурс] // *Фракталы и циклы развития систем. Материалы V Всероссийского постоянно действующего научного семинара «Самоорганизация устойчивых целостностей в природе и обществе»*. — 2001. — Режим доступа: <http://www/lpur.tsu.ru/Public/a0101/index2001.htm>
13. *Song C., Havlin S., Makse H.A.* Origins of fractality in the growth of complex networks // *Nature Physics*. — 2005. — № 7.
14. *Давыдов А.А.* Модульная теория социума // *Проблемы теоретической социологии: сб. ст. / под ред. А.О. Боронаева*. — СПб.: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1996. — Вып. 2. — С. 67—68.
15. *Давыдов А.А.* Системный подход в социологии: новые направления, теории и методы анализа социальных систем. — М.: Эдиториал УРСС, 2005.
16. *Николаев И.В., Воронина Т.А.* Об исследовании временной структуры исторических событий // *Избранные труды Второй сибирской конференции по математическим проблемам физики пространства-времени сложных систем (ФПВ-98)*. — Новосибирск, 1999.
17. *Николаева Е.В.* К типологии фракталов в теории культуры [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/k-tipologii-fraktalov-v-teorii-kultury>.
18. *Елхова О.И.* Фрактальность виртуальной реальности // *Вестник Башкирского университета*. — 2014. — Т. 19. — № 1. — С. 210—213.
19. *Калуш Ю. А., Логинов В. М.* Показатель Хёрста и его скрытые свойства // *Сибирский журнал индустриальной математики*. — 2002. — Т. 5. — Вып. 4. — С. 29—37.
20. *Висленко А.Л.* Динамика прироста численности населения и активность коллективного сознания социума // *Университетский научный журнал*. — 2014. — № 7. — С. 135—143.
21. *Любушин А.А.* Прогностические свойства случайных флуктуаций геофизических характеристик // *Междисциплинарный научный и прикладной журнал «Биосфера»*. — 2014. — Т. 6. — № 4. — С. 319—338.