

*Л. О. Ткачева*

## **ВОЗДЕЙСТВИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА**

Психофизиология как научная дисциплина, с момента своего формирования, не раз задавалась вопросом о поиске и разработке наиболее конструктивных способов воздействия на психические процессы, функции и состояния человека. Вопросы, касающиеся того как повысить работоспособность и снизить утомляемость, повысить психический тонус человека, каким образом можно поспособствовать запуску интегративных и восстановительных процессов, вряд ли когда-нибудь потеряют свою актуальность. В настоящее время существует множество различных технологий корректирующего влияния на функциональное состояние человека, некоторые из них достаточно широко распространены и повсеместно пользуются вполне заслуженной популярностью. В первую очередь, это различные психотехники, формы воздействия, основанные на методах гипноза, сенсорно-полевые коррекции, мануальные терапии и многое другое.

Современный этап развития психофизиологии протекает в условиях стремительного научно-технического прогресса, сделавшего доступными многие уникальные технологии. В этой связи, на наш взгляд, наиболее интересным представляется разработка специфических способов воздействия на функциональное состояние человека, повышения его психофизиологического статуса, исключающих использование инвазивных методов и не требующих специфического вмешательства специалиста. Особый интерес представляют методы воздействия на психофизиологический статус человека через зрительный анализатор, в частности, метод воздействия на состояние сознания с помощью хаотических изображений — фракталов. Этот метод представляет особый интерес не только потому, что фрактальные узоры потрясающе красивы и как все прекрасное оказывают сильное влияние на сознание человека, но еще и потому, что большинство процессов, протекающих в живых системах, имеют фрактальную природу. Так электрическая активность сердца, мозга и любых электрически активных клеток организма имеет хаотические составляющие и свою специфическую фрактальную размерность.

Данный метод часто применяется в различных областях — от компьютерной техники до искусства, — но научных обоснований пока не имеет. Опыт применения подобных методов позволяет предположить, что их основное влияние направлено на изменение состояния сознания. Очевидно, что эти изменения специфические и не сводятся к простейшим изменениям внимания, памяти и других психических процессов. Следовательно, было бы заманчиво выявить психофизиологические корреляты таких изменений с помощью нелинейных методов анализа ЭЭГ и отследить психологические особенности изменения состояния сознания с помощью психодиагностических методов.

### **Введение в фракталы**

В течение 60-х и 70-х гг. XX в. ученые-математики увлеченно исследовали нелинейные процессы и странные аттракторы, и примерно в это же время, независимо от теории хаоса была изобретена фрактальная геометрия, давшая мощный математический язык

для описания тонкой структуры хаотических аттракторов [7]. Автором этого нового языка стал французский математик Б. Мандельброт. В конце 50-х гг. Мандельброт начал изучать геометрию самых разнообразных нерегулярных естественных феноменов, а в 60-е гг. он осознал, что у всех рассматриваемых им геометрических форм есть поразительные общие особенности. В последующие десять лет Мандельброт разрабатывал новый тип математики, чтобы описать и проанализировать эти особенности. Он ввел термин «фрактал», характеризующий его изобретение, и опубликовал свои результаты в книге «Фрактальная геометрия природы». Книга имела огромное влияние на новое поколение математиков, развивавших теорию хаоса и другие разделы теории динамических систем [2]. Мандельброт создал фрактальную геометрию — «язык, на котором можно говорить об облаках», чтобы описывать и анализировать сложность нерегулярных форм в окружающем мире природы.

### **Фракталы в математике и кибернетике**

На языке математиков фракталы — это множества дробной размерности, нечто промежуточное между точками и линиями, линиями и поверхностями, поверхностями и телами, пористые губки, ветвящиеся подобно лишайникам структуры, пылевидные канторовы множества [3].

Наиболее поразительное свойство всех «фрактальных» форм заключается в том, что их характерные паттерны многократно повторяются на нисходящих уровнях так, что их части на любом уровне по форме напоминают целое. Мандельброт иллюстрирует это свойство самоподобия, отламывая кусочек цветной капусты и указывая на то, что сам по себе кусочек выглядит как маленький кочан цветной капусты. Он продолжает демонстрацию, деля часть дальше, изымая еще один кусочек, который тоже выглядит как очень маленький кочан. Таким образом, каждая часть выглядит как целый овощ. Форма целого подобна самой себе на всех уровнях выбранного диапазона.

В природе встречается множество других примеров самоподобия. Камни в горах напоминают маленькие горы, ответвления молнии или края облаков снова и снова повторяют один и тот же паттерн, побережье моря можно делить на все более мелкие части, и в каждой из них будут проявляться подобные друг другу очертания береговой линии. Фотографии дельты реки, кроны дерева или ветвления кровеносных сосудов могут проявлять паттерны такого разительного сходства, что мы порой не можем отличить один от другого. Подобие образов совершенно различных масштабов было известно очень давно, но до Мандельброта никто не владел математическим языком для описания этого явления [2, с. 156].

Когда в середине 70-х гг. Мандельброт опубликовал свою новаторскую книгу, он еще сам не догадывался о связи между фрактальной геометрией и теорией хаоса, но ему и его коллегам-математикам не понадобилось много времени, чтобы обнаружить, что странные аттракторы могут служить изысканнейшими примерами фракталов. Если части их структуры увеличить, то обнаруживается многослойная субструктура, в которой вновь и вновь повторяются одни и те же паттерны. В связи с этим странные аттракторы стали определять как траектории в фазовом пространстве, в которых проявляются черты фрактальной геометрии.

Еще одна важная связь между теорией хаоса и фрактальной геометрией проявилась в переходе от количества к качеству. Мандельброт подчеркнул эту существенную особенность фрактальных форм, задав провоцирующий вопрос: «Какова протяженность побережья Британии?» Он показал, что, поскольку измеряемую длину можно растягивать до бесконечности, переходя к все более мелкому масштабу, на этот вопрос нет

однозначного ответа. Зато можно определить число в диапазоне от 1 до 2, которое характеризует изрезанность побережья. Для британского побережья это число равно около 1,58, для более изрезанного норвежского берега оно близко к 1,7027.

Поскольку можно показать, что это число имеет определенные свойства размерности, Мандельброт назвал его фрактальной размерностью. Мы можем понять эту идею интуитивно, зная, что извилистая линия занимает больше пространства на плоскости, чем одномерная гладкая линия, но меньше, чем сама двумерная плоскость. Чем больше изрезана линия, тем ближе к числу 2 ее фрактальная размерность. Подобным же образом, скомканный лист бумаги занимает больше пространства, чем плоскость, но меньше, чем сфера. Поэтому чем плотнее скомкана бумага, тем ближе к числу 3 будет ее фрактальная размерность [2, с. 157].

Концепция фрактальной размерности, изначально появившаяся как чисто абстрактная математическая идея, превратилась со временем в мощный инструмент анализа сложности фрактальных форм, поскольку замечательно соответствует нашему жизненному опыту. Чем более изрезаны очертания молнии или границы облаков, тем менее сглажены формы побережий или гор, тем выше их фрактальные размерности. Чтобы смоделировать фрактальные формы, встречающиеся в природе, можно сконструировать геометрические фигуры, обладающие точным самоподобием. Основным методом для построения таких математических фракталов служит итерация, то есть многократное повторение определенной геометрической операции. Процесс итерации, который привел нас к преобразованию пекаря — математической операции, лежащей в основе странных аттракторов, — оказался, таким образом, главной математической особенностью, объединяющей теорию хаоса с фрактальной геометрией [2, с. 157–158].

С помощью компьютеров простые геометрические итерации можно применять тысячи раз в различных масштабах, производя так называемые фрактальные подделки — компьютерные модели растений, деревьев, гор, береговых линий и т. п., обладающие поразительным сходством с реальными формами, которые встречаются в природе. Этот новый математический аппарат позволил ученым строить точные модели разнообразных нерегулярных естественных форм. Занимаясь этим моделированием, они повсеместно обнаруживали присутствие фракталов. Фрактальные паттерны облаков, которые изначально воодушевили Мандельброта на поиски нового математического языка, вероятно, самые изумительные. Их самоподобие охватывает семь порядков величин, а это означает, что если границу облака увеличить в 10 000 000 раз, она будет иметь все ту же знакомую форму. Вершиной фрактальной геометрии стало открытие Мандельбротом математической структуры, которая обладает ошеломляющей сложностью и все же может быть воспроизведена с помощью очень простой итеративной процедуры [1].

С 1980-х гг. важнейшей областью применения фрактальной геометрии становится биология и медицина. В 1993 г. в Будапеште состоялась первая международная конференция «Фракталы в естественных науках». Проводятся конференции по вопросам фрактального анализа, в частности, по методам обработки фрактальных процессов в кардиографии и энцефалографии. Начал выходить специализированный международный журнал «Фракталы» (изд. World Scientific) [4].

### **Фрактальные структуры и процессы в биологии**

Фрактальными свойствами обладают все сосудистые системы животного организма — кровеносные сосуды и капилляры, бронхи, лимфатические сосуды, желчные протоки, нервная система. Подробно изучена фрактальная топология сосудов сетчатки

глаза, фрактальная размерность которых составляет 1,7. Поскольку такое значение фрактальной размерности свойственно фракталам, возникшим в процессе «агрегации, ограниченной диффузией» (термин введен в 1981 г. Л. Сандер и Т. Уиттен), было высказано предположение, что эмбриональное формирование фрактального паттерна сосудов сетчатки обусловлено диффузионными процессами, вызванными переменным градиентом концентрации кислорода вдоль растущих фоторецепторов [8].

Детально изучены фрактальные свойства пучка Гиса, проводящего сигналы от предсердий к желудочкам сердца. Выдвинута гипотеза, что фрактальность служит причиной экспериментально известного масштабно-инвариантного поведения ряда параметров динамики сердечно-сосудистой системы, в частности, формы колебаний QRS-комплекса ЭКГ.

Фракталы найдены и на субклеточном уровне организации живой системы — поверхность ядерной мембраны, цитоскелет. Было установлено, что значения фрактальной размерности ядерных мембран нормальных клеток по величине больше, чем у злокачественных клеток, причем эта разница относится к самым ранним симптомам злокачественного перерождения клетки [8, с. 87].

В динамике функций мозга, сердца и электрически активных клеток, регистрируемых электрическими методами, обнаружены хаотические аттракторы (геометрические структуры, характеризующие поведение в фазовом пространстве по прошествии длительного времени). Хаотические аттракторы являются фракталами. Было показано, что электрическая активность мозга представляет собой сложный процесс с преобладанием иррегулярных компонентов, несущих отчетливые признаки хаоса, характеризующие нормальную активность мозга. Установлено, что аттракторы различных структур головного мозга (акустической коры, гиппокампа, ретикулярной формации) частично независимы, поскольку имеют достоверно отличающиеся фрактальные размерности и внешний вид. Для одних и тех же отведений ЭЭГ размерность хаотических аттракторов варьирует при изменении степени активации мозга.

Работа сердечно-сосудистой системы проявляет высокую критичность к наличию динамического хаоса и его структуры. Частота сокращений здорового сердца обнаруживает все признаки хаотического аттрактора, исследование устойчивости которого показывает, что в состоянии физиологической нормы он относительно стабилен и регистрируется в любое время суток, включая период сна [8, с. 90].

### **Фрактальные свойства среды обитания и концепция фрактального сопряжения**

В организме в диапазоне низких частот, наиболее значимом для фрактальных процессов, естественные вариации внешних параметров нередко также подчиняются законам фрактального распределения. Это подтверждают данные геофизических наблюдений. Установлено, что в вариациях напряженности невозмущенного геомагнитного поля всегда присутствует низкочастотный компонент, спектр которого имеет вид  $1/f^\beta$ . Спектром типа  $1/f^\beta$  и, соответственно, фрактальными реализациями характеризуется естественная сейсмическая активность Земли. Самоподобную динамику проявляют величины высот волн в океане, естественных вариаций температуры, атмосферного давления, уровня атмосферных осадков, колебаний числа солнечных пятен и характеристики многих других природных процессов. В качестве примеров фрактального хаоса можно назвать турбулентные вихри в атмосфере и хаотические вариации слоя ЕЗ ионосферы, демонстрирующие самоподобную фазовую топологию. Помимо фракталь-

ных процессов, естественная среда обитания включает многочисленные типы пространственных фрактальных структур. К последним относятся, в частности, ландшафты с холмистым и горным рельефом, форма облаков, линий побережья водных бассейнов, растительные фракталы — кроны деревьев и кустарников, во многом формирующих «зрительную топологию» природной среды, и даже паттерны космических масштабов — угловые распределения звездных скоплений и галактик. Промышленные изделия выглядят оостеневшими из-за полного упорядочения их форм и функций. Полная регулярность не противоречит законам природы, но она не типична для естественных процессов. Концепция типичного поведения природных систем основана на регулярности искусственных систем, для которых полная упорядоченность была предварительным условием для математического описания процесса [6].

Самоподобие среды обитания является одним из обязательных условий экологической нормы, что было установлено на примере фонового электромагнитного поля. Эволюционное формирование самоподобных биологических паттернов обусловлено наряду с прочими факторами фрактальностью внешней среды, задающей адекватные своей масштабной структуре «правила отбора». Однако в ряде случаев по естественным или искусственным причинам фрактальные свойства среды обитания претерпевают искажения. Эксперименты и наблюдения свидетельствуют, что нарушение фрактальной структуры электромагнитного фона, происходящее, например, при геомагнитных бурях, приводит к дестабилизации регуляторных функций и провоцирует развитие патологий. Это искажение отрицательно сказывается и на функциях внимания, причем одной из главных характеристик возмущающего действия геомагнитных вариаций оказывается уровень их нестационарности. Нетрудно убедиться, что с увеличением нестационарности геомагнитного фона растет отличие его структуры от фрактальной. К негативным биологическим эффектам приводит и длительное применение электромагнитных экранов, изолирующих живую систему от естественных фрактальных внешних полей. Напротив, облучение биологической системы стохастическим сверхнизкочастотным магнитным полем, копирующим по своей структуре невозмущенный фрактальный геомагнитный фон, оказывает выраженное позитивное действие на ее важнейшие физиологические функции. Поля устойчиво фрактальной временной структуры могут служить эффективным средством лечения широкого круга заболеваний, в частности, использоваться в терапии лучевой болезни и рака [9].

На основе данных флуктуационного анализа сигналов электрокардиограмм (ЭКГ) и электроэнцефалограмм (ЭЭГ) было показано, что нормализации функций биологической системы в фрактальном магнитном поле предшествует восстановление самоподобия низкочастотных флуктуаций, искаженного при патологиях и дисфункциях. Отмечено, что воздействие поля на масштабную организацию эндогенных биологических процессов может составлять основу биотропности как рассматриваемого фактора, так и многих других факторов среды обитания. Данное утверждение согласуется с представлениями о механизме фрактальных информационных взаимодействий и отражает принципиально новый подход к коррекции состояния биосистем [6].

Потребность живых систем в самоподобной организации внешней среды подтверждается целым рядом других наблюдений. Например, известно, что нарушение урбанизацией фрактальных ландшафтов негативно влияет на психику человека; техногенные низкочастотные акустические помехи, отличные по масштабной структуре от фрактальных сигналов, могут вызвать серьезные функциональные нарушения. Нестационарные изменения космофизической обстановки могут деформировать фрактальные реализации естественных флуктуаций биохимических показателей. Напротив, фрак-

тальные паттерны различной природы действуют благотворно и, как и фрактальное магнитное поле, начинают находить применение в терапии. Установлено, что эффективность электроанестезии, применяемой для снятия хронических болей, значительно увеличивается, если последовательность электрических стимулирующих импульсов формируется по закону  $1/f^\beta$ . Показано, что инъекции инсулина больным диабетом должны делаться с плавающим интервалом времени, характеризующимся  $1/f^\beta$ -спектром мощности.  $1/f^\beta$ -стимуляция начинает успешно применяться в рефлексотерапии [6].

**Цель исследования** — изучение качественных и количественных характеристик воздействия фрактальных динамических изображений на общий психофизиологический статус человека.

**Задачи исследования** — выявить специфику фрактального воздействия на нескольких уровнях:

1. На психологическом — проследить динамику изменения состояния сознания и динамику изменения когнитивных процессов.
2. На психофизиологическом — проследить динамику изменения фрактальной размерности ЭЭГ в ответ на экспериментальное (фрактальное) и контрольное (нефрактальное) воздействия.
3. Установить наличие или отсутствие типичных механизмов изменения функционального состояния.

**Предмет исследования** — психофизиологические механизмы регуляции и изменения состояния сознания. Динамика изменения состояния сознания в ответ на воздействие фрактальных динамических изображений.

**Гипотеза** — просмотр фрактальных визуальных динамических изображений влияет на изменение состояния сознания и специфически воздействует на функциональное состояние человека.

## Методы исследования

Использовались следующие психодиагностические методики:

1. Словесно-цветовой тест Струпа (D. Strup, 1935), направленный на изучение вербальности и интерференции.
2. Тест включенных фигур Готшильда, выявляющий параметр полезависимости-полнезависимости восприятия.

Эти методики использовались до экспериментального воздействия. Для оценки изменения объема состояния сознания до и после экспериментального воздействия на основе ассоциативного эксперимента была разработана методика измерения уровня упорядоченности семантического пространства. Испытуемый в процессе использования методики воспроизводил семь ассоциаций, которые, затем попарно сравнивал с целью выявить смысловое расстояние между словами в паре. Матрица расстояний служила исходными данными для произведения процедуры многомерного шкалирования, в процессе которого оценивалось:

1. Количество осей, в которые максимально непротиворечиво вписывается данная матрица расстояний.
2. Мера «стресса» или оценка качества описания с помощью трех осей матрицы расстояний между словами-ассоциациями.
3. Изменение меры «стресса» до и после эксперимента.

Количество осей, которые максимально непротиворечиво описывают данную матрицу, оценивалось как мера сложности семантического пространства или состояния

сознания испытуемого, а мера «стресса» — как мера искаженности семантического пространства или деформация пространственных характеристик, которая отражает неупорядоченность содержания сознания.

Эта методика использовалась до и после экспериментального воздействия. С ее помощью стало возможным оценить степень «вписываемости» семантического пространства испытуемого в 1, 2 или 3-х мерную систему координат. В дальнейшем это позволило выявить возможные корреляции между фрактальным воздействием и мерой «вписываемости» или «невписываемости» семантического пространства до и после эксперимента.

Для регистрации физиологических параметров, отраженных в динамике изменений электрической активности мозга, использовалась электроэнцефалография. ЭЭГ регистрировалась по принятой международной системе 10–20 с 16 активными отведениями на электронном электроэнцефалографическом комплексе «Телепат-104Р».

### **Описание выборки участников эксперимента**

В исследовании приняли участие 30 человек (15 мужчин и 15 женщин). В возрасте от 21 года до 26 лет — 13 человек, в возрасте 27–32 лет — 7 человек, в возрасте 33–38 лет — 5 человек, в возрасте 39–45 лет — 3 человека, в возрасте от 46 лет до 51 года — 2 человека.

### **Процедура эмпирического исследования**

Испытуемый находился в экспериментальной камере перед монитором, у него фиксировалась ЭЭГ (16 отведений) и предъявлялся визуальный динамический стимульный материал — фрактальное изображение в качестве экспериментального воздействия и специальным образом сгенерированная динамическая графическая сессия (не фрактальная) в качестве контрольного воздействия. Фрактальная графическая динамическая сессия была сгенерирована в математической программе Ultra Fractal путем многократных итераций множества Жулия. Эта сессия представляет собой динамическую сложную геометрическую фигуру, сгенерированную по принципу саморазворачивания — то есть в течение 3 минут предъявления изображение непрерывно динамически изменяется, переходя с одного уровня глубины на следующий уровень, при этом, не теряя самоподобной структуры (присущей всем фрактальным формам по определению). Нефрактальная сессия представлена простыми геометрическими фигурами, также непрерывно динамически изменяющимися по принципу перетекания друг в друга в течение трех минут. Чтобы контролировать переменную воздействия цвета, обе сессии были представлены в семи идентичных основных цветах цветового спектра. Экспериментальный план был разработан таким образом, чтобы учесть влияние эффекта последовательности предъявления фрактальных и нефрактальных изображений и был представлен в двух вариантах экспериментальных сессий:

1. Фон закрытые глаза (в дальнейшем — фон ЗГ) — 3 мин., фрактал — 3 мин., фон ЗГ — 3 мин., геометрическая сессия — 3 мин., фон ЗГ — 3 мин.
2. Фон ЗГ — 3 мин., геометрическая сессия — 3 мин., фон ЗГ — 3 мин., фрактал — 3 мин., фон ЗГ — 3 мин.

Процедура проведения психосемантической методики протекала следующим образом: испытуемому давалась инструкция воспроизвести семь свободных ассоциаций. Затем формировалась матрица 7×7 в которой испытуемому было необходимо оценить степень близости между воспроизведенными ассоциациями по десятибалльной шкале,

так что значение 1 — представляет собой максимальную близость ассоциаций, а 10 — максимальную отдаленность. Готовых критериев для оценки степени близости ассоциаций не задавалось — испытуемому предоставлялась свобода в выборе собственных внутренних критериев оценки (по степени родства, по ассоциативной связи, по сферам применения и т. п.).

### **Результаты эмпирического исследования**

Обработка полученных электрофизиологических данных проводилась по стандартной схеме — выявлялись спектральные плотности (Фурье анализ), затем данные обрабатывались нелинейными методами через нахождение натурального логарифма значений спектральной плотности для 15 диапазонов частоты по 2 Гц (следовательно, от 1 до 30 Гц). Далее полученный ряд логарифмов спектральных плотностей был подвергнут регрессионному анализу. Полученный наклон линейной функции прямо пропорционален значению фрактальной размерности сигнала, так как отражает степень падения спектральной плотности при увеличении частоты ритмики. Затем полученные значения фрактальной размерности для каждого отведения и каждого фрагмента ЭЭГ были подвергнуты дисперсионному анализу для оценки изменения при повторяющихся измерениях (anova repeated measures).

Установлено изменение спектральных плотностей под влиянием воздействия фрактальных динамических изображений: в процессе просмотра фрактальных динамических изображений происходит значимое увеличение спектральной плотности в области дельта-диапазона преимущественно в лобных отделах коры. После просмотра фрактальных динамических изображений в фоновом состоянии при закрытых глазах наблюдается значимое диффузное увеличение спектральной плотности в альфа-диапазоне, преимущественно в правом полушарии.

Был проведен корреляционный анализ полученных результатов. Выявлены значимые корреляции между высокой степенью хаотичности семантического пространства, связанного с неупорядоченностью содержания сознания, и выраженным доминированием вербальных функций, отражающихся в тесте Струпа. С помощью дисперсионного анализа было установлено, что в процессе экспериментального воздействия, происходит повышение фрактальной размерности ЭЭГ в затылочных отведениях (O1, O2), по сравнению с контрольным воздействием.

### **Обсуждение результатов**

Зарегистрированное в процессе просмотра фрактальных сессий значимое повышение спектральной плотности в дельта-диапазоне в лобных отделах может свидетельствовать об активации глубоких подкорковых структур, которая в свою очередь, может быть связана с запуском релаксационно-восстановительных процессов в коре больших полушарий, а также с актуализацией программ, заложенных в генетическом опыте. Значимое повышение спектральной плотности в альфа-диапазоне в лобных отделах и снижение ее в центральных, теменных и затылочных отведениях в процессе просмотра фрактальных динамических изображений может свидетельствовать о запуске процессов, связанных с улучшением функционального состояния головного мозга. Поскольку синхронизация корковой активности на уровнях как альфа, так и дельта-диапазонов локализована преимущественно в лобных долях больших полушарий, это, вероятно, свидетельствует о снижении синхронизирующих влияний диэнцефальных структур и в то же время о повышении синхронизирующего влияния мезэнцефальных структур



(стволовых, более глубоких отделов). Возможно, это объясняется повышением функционального состояния коры при поддерживающем энергетическом влиянии стволовых структур и с снижением доминантного воздействия, связанного с эмоциональным дискомфортом различного генеза.

В процессе экспериментального воздействия происходит повышение фрактальной размерности ЭЭГ в затылочных отведениях (О1, О2), по сравнению с контрольным воздействием. Возможно, это связано со скоростью формирования и длительностью сохранения очагов доминирующей активности в коре больших полушарий — доминантой. По-видимому, если при восприятии фрактальных изображений повышается фрактальная размерность ЭЭГ в затылочных отведениях, непосредственно связанных со зрительным анализатором, это может свидетельствовать о наличии у испытуемого энергетически мощной доминанты, которая искажает семантическое пространство так, что оно перестает вписываться в текущую систему координат.

В ответ на воздействие фрактальных динамических изображений изменяется уровень упорядоченности содержания сознания, который выражается в уменьшении величины «стресса», то есть в более точном разложении матрицы семантических расстояний в трехмерном пространстве. Что, очевидно, говорит о непосредственном влиянии фрактальных изображений на эмпирические характеристики сознания испытуемого, такие как объем, широта/узость, фрагментарность/целостность.

### **Выводы**

1. Предположительно, фрактальные изображения различной степени хаотичности активируют самые филогенетически древние — стволовые — структуры головного мозга, которые, помимо прочего, выполняют функции энергетической регуляции функциональных состояний.

2. Фрактальное воздействие влияет на степень хаотичности семантического пространства и на изменение степени упорядоченности содержания сознания. Возможно, это может быть объяснено распадом доминантной констелляции нервных центров, отражающимся в снижении степени хаотичности ЭЭГ.

3. Степень упорядоченности семантического пространства связана с доминированием речевых функций над образными, отражающимся в выполнении Струп-теста.

### **Заключение**

Мы предполагаем, что воздействие фрактальных изображений подобно воздействию, применяемому в арт- и гештальт-терапии, так как предъявляемые изображения тесно связаны с понятиями «красота», «гармония», «целостность». Но в отличие от указанных методов, у фрактальных изображений можно произвольно регулировать такие свойства как нелинейность, самоподобность, хаотичность. Это представляет особый интерес, так как воздействие в результате затрагивает наиболее сложные психические феномены, такие как сознательное/неосознанное, генетическое/приобретенное, а также сложные когнитивные процессы (воображение, креативное мышление). В связи с этим применение фрактальных изображений может быть использовано для коррекции функционального состояния человека, для актуализации творческих процессов, в терапевтических целях (для работы с бессознательным, с эмоциональными нарушениями и т. п.).

Полученные результаты подтверждают гипотезу о специфическом влиянии фрактальных изображений на психофизиологический статус человека и выступают в ка-

честве первичного обоснования для проведения последующих исследований влияния фрактальных изображений на сознание человека.

Дальнейшая интерпретация данных планируется в отношении определения психофизиологических механизмов сознания. Актуализируется возможность раскрытия основных принципов и механизмов коррекции состояния сознания с помощью фрактальных изображений. В итоге предполагается получить описание особенностей состояния сознания при просмотре фрактальных изображений, что, на наш взгляд, позволит расширить теоретическое знание о возможных состояниях и эмпирических характеристиках сознания и связать параметры сознания с особенностями (мерой сложности — фрактальной размерностью) внешней среды, в которой находится человек.

## Литература

1. *Еремин А. Л.* Ноогенез и теория интеллекта. Краснодар, 2005. С. 142.
2. *Капра Ф.* Паутина жизни. М., 2002. С. 155.
3. *Пайтген Х.-О., Рихтер П. Х.* Красота фракталов. Образы комплексных динамических систем. М., 1993. С. 10.
4. По материалам журнала Scientific American.
5. *Полонников Р. И.* Информационные меры при исследовании биологических процессов // Телемедицина — становление и развитие: материалы международного научно-практического семинара. СПб., 2000. С. 47–54.
6. *Полонников Р. И.* Особая информационная роль ЭМП в телемедицине // Новые информационные технологии на пороге XXI в. СПб., 1998. С. 211.
7. *Пригожин И. Р., Стенгерс И.* Порядок из хаоса. М., 1986. С. 7.
8. *Урицкий В. М., Музалевская Н. Н.* Фрактальные структуры и процессы в биологии // Биомедицинская информатика и эниология. СПб., 1995. С. 84.
9. *Шадури М. И., Чичинадзе Г. К.* Биоэнергетические аспекты ракового заболевания // Georgian Engineering News. 1999. № 3 (09). P. 109.