

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РУССКОЙ МЫСЛИ

ТОМ 5

Отдел Теоретических Проблем Российской Академии Наук

П. П. Горяев

ВОЛНОВОЙ ГЕНОМ

Москва
«Общественная польза»
1994

Издание выходит с 1993 г.
Ответственный за выпуск В. Г. Родионов
(главный редактор журнала «Русская Мысль»)

Энциклопедия Русской Мысли: Русское Физическое Общество. Издательство «Общественная польза»: — М.: Общ. польза, 1993 — — ISBN 5-85617-100-4.

Т. 5: (П. П. Гаряев. Волновой геном). — 1994. — 280 с. — ISBN 5-85617-005-9.

Пятый том «Энциклопедии Русской Мысли», — монография Петра Петровича Гаряева, кандидата биологических наук, ст. научного сотрудника Отдела теоретических проблем Российской Академии Наук, — посвящена теоретическому и экспериментальному обоснованию нового направления в биологии — Волновой Генетике.

Предлагаемая в настоящей работе концепция Волнового гена основывается на фундаментальных исследованиях, проведенных в своё время Л. Г. Гурвичем и А. А. Любищевым и развиваемых сейчас Дзян-Каньдженем и школой академика В. П. Казначеева.

Монография содержит несколько десятков рисунков, графиков, таблиц, микро- и макрофотографий и разделена на две основные части — теорию и экспериментальный раздел. Анализируются новейшие уникальные экспериментальные данные, касающиеся памяти генома, обмена информацией биосистем на молекулярном уровне, разговорного языка молекул ДНК. Обосновывается концепция голографического механизма хранения, передачи и восстановления морфогенетической информации. При этом генетический код и генетические тексты живых организмов представляются в виде образно-семантических конструкций солитонного типа.

Монография носит дискуссионный характер и призвана преимущественно к тому, чтобы попытаться выйти из привычных рамок понимания механизмов работы одномерного генетического кода и принять версию многомерности генетических языков, реализующихся как волновые атрибуты хромосомного аппарата биосистем.

Монография предназначена для широкого круга научных работников естественнонаучного профиля (биологов, медиков, биофизиков, генетиков), а также философов, лингвистов, специалистов по теории информации, информационным, нейрокомпьютерным и интеллектуальным сетям и системам.

ISBN 5-85617-005-9. (Т. 5)
ISBN 5-85617-100-4.

© Энциклопедия Русской Мысли, 1994
© Издательство Русского Физического Общества «Общественная польза», 1994
© Гаряев П. П., 1994

ПРЕДИСЛОВИЕ

Монография П. П. Гаряева «Волновой геном» посвящена теоретическому и экспериментальному обоснованию нового направления в биологии — волновой генетике. Предлагаемое положение о кодовых полях распределенной системы хромосомных излучателей (в дополнение к известному матричному синтезу белков) представляет не только теоретический интерес, но имеет также большое практическое значение. Уже сейчас видны перспективы его использования в онкологии, геронтологии и других разделах медицины, а также в сельском хозяйстве, молекулярной биотехнологии и электронике. Такой комплексный подход к анализу работы генетического аппарата Позволяет понять механизмы фрактальной свертки пространственно-временных характеристик биосистемы в ее хромосомах с учетом их микроокружения. Этот механизм включает голографическую память и речевую структуру ДНК. Последнее особенно актуально и переводит понятие ДНК-«текстов» из области метафор в хорошо формализованное русло математической лингвистики и лингвистической генетики. В работе затронута проблема связи структуры сознания и структуры генома как систем, оперирующих фрактальными знаковыми построениями, универсальной пластической единицей которых является Слово.

Теоретические исследования с позиций физики проведены на примерах двух связанных генераторов, приближенно моделирующих топологию и электродинамику ДНК в составе хромосом. Схема генератора предложена А. А. Березиным (ОТП РАН) и существенно модифицирована впоследствии П. П. Гаряевым (ОТП РАН) и Г. Г. Комиссаровым (ИВТ РАН). Обсуждается явление возврата Ферми-Паста-Улама как процесс солитонобразования в ДНК и физико-математическая модель голографической памяти в хромосомах.

В экспериментах с использованием спектроскопии корреляции фотонов проведено доказательство генерации гелями ДНК *in vitro*

акустических солитонов в рамках явления возврата Ферми-Паста-Улама. Практические исследования включили в себя также опыты по дистантной трансляции излученных сигналов от зародышей *Xenopus laevis* к эмбриональной ткани с помощью генератора А. А. Березина, что согласуется с известными экспериментами Дзян-Каньджена (г. Хабаровск).

Проведены эксперименты с использованием этого генератора по влиянию сознания человека-оператора на метаболизм в растениях, аналогично разработкам школы академика В. П. Казначеева (г. Новосибирск) и опытам исследовательского центра Р. Джана (г. Принстон).

Монография предназначена для широкого круга читателей — биологов, медиков и, несмотря на дискуссионный характер ряда положений, является очень интересной.

Настоящая работа П. П. Гаряева выходит в свет благодаря активному сотрудничеству издательства Русского Физического Общества с генеральным спонсором данной книги — Александром Андреевичем Шашиним.

*Директор ОТП РАН,
профессор академии ЦАНИ
Э. И. Андрианкин*

БИОМОРФОГЕНЕЗ И ЕГО МОДЕЛИ

1. МАТРИЧНО-ЯДЕРНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

Обсуждается взаимодействие внеклеточных матриц с клетками и их компонентами — ядром, цитоскелетом, белоксинтезирующим аппаратом, — и роль этого взаимодействия в онтогенезе. Предлагается гипотеза **кодовой иерархии изоморфных** матричных и нуклеиновых инфраструктур, обменивающихся эпигенетической информацией по физическим каналам биоэлектрических и иных состояний. Предполагается, что интерцеллюлярный ретикулум образует специфическую сигнальную систему животного организма.

Межклеточное вещество или интерцеллюлярный ретикулум, одной из форм которого являются внеклеточные матриксы (ВКМ), обладает тонкой, высокоорганизованной, изменяющейся во времени и пространстве архитектурой. Этот неслучайным образом структурированный субстрат несет первичную и двойственную функцию разделять и вместе с тем объединять клетки; он может почти полностью отсутствовать, например, на ранних эмбриональных стадиях, принимать форму базальных пластинок, отделяющих эпителиальные клетки от подлежащей мезенхимы, или гипертрофироваться в хрящевой и костной тканях. Молекулярный, ионный составы матриц лабильны, причинно-следственно связаны с возрастом, конкретным метаболическим состоянием и типом ткани, являют собой совокупность фибриллярных и нефибриллярных белков и различных катионов, преимущественно Ca^{++} . Белки **ВКМ** — это коллагены 5 типов, эластин, сложные высокомолекулярные протеогликаны (фибронектин, ламинины, энтактин, коннектин, цитотактин), в составе которых — гиалуроновая кислота, гликозаминогликаны и малоизученная, но, видимо, функционально значимая фракция низкомолекулярных белков [17, 24, 49, 50, 53, 71, 74-76, 84-87].

Долгие годы считалось, что функции межклеточного вещества исчерпываются его опорными и разделяющими клетки свойствами. Так было до 1955 г., когда Гробстейн [39—41] показал, что ассоциированные клеточные популяции действуют друг на друга, генерируя новые

клеточные типы. Это явление было названо «эмбриональная индукция», а сейчас известно как «тканевое взаимодействие».

Было продемонстрировано, что эпителий-мезенхимные взаимодействия являются ключевыми для возникновения новых и расхождения дифференцирующихся тканей [22, 45]. Но главное и не оцененное поначалу положение Гробстейна [41] заключалось в том, что эмбриональная индукция есть матрично-опосредованное явление. Вплоть до недавнего времени гипотезе Гробстейна не придавали должного значения. Переворот в оценке роли ВКМ наступил, когда в 1974 г. на 2-м международном коллоквиуме «Влияние ВКМ на генную экспрессию» было осознано и сформулировано одно из основных направлений в клеточной и молекулярной биологии, сравнимое с открытием и дальнейшими работами по функции ДНК, а именно то, что геном клеток может эффективно (дифференцированно) реализовывать себя только через ключевое звено эпигенетического посредничества ВКМ. Это означало, что информация о том как развиваться клетке, ткани, органу и организму как целому находится не только в хромосомах, но и во внеклеточном специализированном веществе, функции которого подвержены экспериментальным модификациям [80].

После некоторого латентного периода образовалась настоящая лавина экспериментальных исследований по ВКМ, которые в определенной мере суммированы в фундаментальных сборниках (45, 54, 71, 80). Значимость этого направления понята и у нас [9, 17, 12]. Лебедев [9], исходя из физиолого-биохимических свойств коллагена как основного компонента ВКМ, предложил отнести коллагеновые структуры с гормоноподобными функциями к одной из информационных систем организма.

Доказательство роли ВКМ и его компонентов на процессы цитодифференцировки проводилось и проводится преимущественно феноменологически, мало затрагивая конкретные молекулярные или иные механизмы их эпигенетического функционирования. Однако, некоторые предположения о механизмах работы ВКМ есть. Так, Лебедев [9] считает, что структуры фиксированных коллагеновых образований ВКМ и соединительной ткани служат своего рода ориентирами для определения местоположения клеток в духе теории позиционной информации Вольперта [94]. Петухов [12] в некоторой части своих рассуждений о роли межклеточного вещества близок изложенным идеям, считая его некой «системой координат». Но он идет дальше и в другом направлении, когда утверждает, что межклеточное вещество является носителем «полей объемного роста» организмов, обладающих специфической (свойственной живому) геометрией и дающих, в частности,

т. н. репликационный (копирующий) объемный рост. Более того, репликационный объемный рост, по Петухову, «... можно зачастую трактовать как специфический класс автоволновых процессов». Последнее утверждение заслуживает особого внимания, поскольку находится, вероятно, в прямом соответствии с зарегистрированными фактами образования периодических пространственных структур (клеточных паттернов) на коллагеновых моделях ВКМ [43] и кругового движения гиалиновых выпячиваний клеток ранних зародышей амфибий [51], которое можно рассматривать как периодические, возможно, автоволновые сигналы клеток на ВКМ, а следовательно, через него — на другие клетки. Это примеры упорядоченной механической нестабильности матрично-клеточных систем, которая способна относительно быстро перемещаться в трех мерном пространстве и нести сигнал морфогенетической информации на большие расстояния и быстрее, по сравнению с химическими агентами в морфогенетической модели Тьюринга [43, 64].

Механическая матрично-клеточная нестабильность наблюдается, как правило, в эмбриональных тканях и имеет своим источником силы натяжения клетками своего субстрата (ВКМ) и других клеток [64]. Круговое движение клеточных гиалиновых выпячиваний является пока экзотическим исключением такого рода нестабильности. Удивительно, что относительно простая физика вязко-эластических тяговых усилий движущихся в ВКМ клеток может быть описана адекватной количественной и качественной моделью формирования регулярных крупномасштабных распределений в развивающихся мезенхимных клеточных популяциях, предложенной Остером и др. [64]. Эта модель, в которую входят такие параметры, как поток клеток, градиент плотности клеток, градиент плотности ВКМ, митотический уровень, гаптотаксис, конвекция клеток и другие (всего 10), обладает большой предсказательной силой и приложима, по крайней мере, к таким хорошо изученным морфогенетическим процессам как образование трехмерного клеточного паттерна кожных сосочков перьевых закладок, конденсации хрящевых скелетных рудиментов и развитию позвоночных дисков. Авторы, однако, не претендуют на применимость описанного модельного механизма вообще ко всем эмбриональным процессам. Существенное ограничение этой модели состоит также и в том, что за пределами ее остаются изначальные метаболические причины, регулируемые как-то и побуждающие клетки двигаться и генерировать те самые тяговые усилия на ВКМ и других клетках, усилия, которые, по мысли авторов, и служат механическими нестабильностями, играющими роль активных начал морфогенеза.

Плодотворную попытку расшифровать суть эпигенетических влияний ВКМ на клетки предприняла Биссель и соавт. [22], предложившие гипотезу «динамической взаимности» клетки и ВКМ. Влияние ВКМ через клетки направлено и на сформировавшуюся ткань. Оно выступает развивающимся непрерывно, динамичным. ВКМ действует на клетку, которая отвечает метаболическими перестройками, вызывающими, в свою очередь, составно-структурные изменения ВКМ, которые опять-таки влияют на клетку и т. д. В этом и заключена динамическая взаимность. Правда, не совсем понятно, чем она отличается от типичной обратной связи. Далее, группа Биссель, исходя из наличия морфо-функциональных связей между компонентами ВКМ и ядром клетки, предлагает модель «внешнего цитоскелета». Эта модель предполагает стабильность дифференцированного состояния, зависящего не только от клетки, но и от клетки плюс ее ВКМ. Следовательно, здесь выявляется свойственная клеточно-матричным отношениям двойственность, противоречивость: с одной стороны, ВКМ обеспечивает динамизм клеточных форм в развивающихся тканях, с другой — стабилизированность морфо-состояния в уже сформированной ткани.

Структурно-функциональному подходу к выяснению того, как действует ВКМ, противостоят и дополняют морфо-биохимический и иммунологический методы с их попытками выделить, получить в чистом виде активные белковые или иные матричные начала и (или) выяснить топографию распределения этих начал.

Существенные в этом плане результаты были получены при использовании деминерализованного костного матрикса, который, будучи имплантирован под кожу, индуцирует превращение фибробластов в хондроциты и остециты с образованием хряща и кости [70]. Ведутся интенсивные работы по выделению и очистке из костного матрикса индивидуальных белков, способных индуцировать дифференцировку кости. Было также показано, что деминерализованный костный матрикс при аллогенной трансплантации под кожу индуцирует локальную дифференцировку эндохондральной костной ткани [74]. Ксеногенная трансплантация такого ВКМ не дает подобных результатов, что указывает на видоспецифичность индивидуального ответа. В данной работе матрикс костей обезьяны, быка и крысы экстрагировали 4 м гуанидин-HCl, а экстракты фракционировали путем гель-фильтрации. Затем разные фракции ассоциировали с биологически неактивными остатками ВКМ крысы. Полученные продукты анализировали на способность к индуцированию дифференцировки кости. Оказалось, что такой способностью обладают сравнительно небольшие белки с М. м. меньше 50 кД, и что эти белки гомологичны для всех исследованных

видов. Кроме того, была показана зависимость индивидуальных потенциалов таких белков от витамина Д [75]. Это выразилось в том, что витамин Д-дефицитные крысы (рахитизм) имеют костный матрикс с набором белков, у которых описываемая активность много ниже по сравнению с контролем. Было показано также, что неочищенный костный матрикс и экстракты из плюсневых костей способны вызывать хондрогенез в мышечных клетках 19-дневных эмбрионов крыс [78]. Кровь и сыворотка также способны индуцировать хондроциты и другие мезодермальные производные [83, 44]. Этим работам по крови предшествовали ранние исследования в том же направлении [90, 77], где было показано, что в плазме и сыворотке крови человека находится некий фактор, который может сорбироваться на нескольких типах культивируемых клеток и побуждать их к мезодермальному морфогенезу. Обнаружение в крови и плазме мезодермализующих активностей, имеющих, вероятно, также белковую природу, не вызывает удивления, поскольку кровь можно рассматривать как жидкую соединительную ткань, а ее плазму как жидкий ВКМ [17]. Важен и другой момент: универсальность, единство, общность деструктивного функционирования ВКМ во всех типах тканей.

Попытки выделить из ВКМ (или из тканей) в чистом виде так называемые «программирующие» (мезодермализующие, вегетализирующие, нейтрализующие и прочие), а по сути, — морфогенетические факторы белковой и иной природы, были начаты давно и продолжаются по сей день. Принципиальные результаты в этой области получены Хоперской [17], которой удалось доказать общность свойств программирующих белков для всех типов ВКМ человека и основных классов животных.

Аналогичные исследования проводят Юрист с соавт. [89], которые из костного матрикса изолировали остеогенный белок, являющийся, вероятно, одним из тотальных фракций белков с М. м. около 50 кД, что получили впоследствии и другие [79, 71, 74—76]. Сходный белок был получен также из плавательного пузыря рыб [53]. Эффективно работает в указанном направлении группа Тидеман [84—88, 49, 50, 24]. Выделенные ими препаративные количества активных начал такого рода — это также низкомолекулярные белки и нуклеопротеиды, где роль нуклеинового компонента неясна. Эти исследователи показали, что мезодермализующий белок легко адсорбируется, проникает в клетку и взаимодействует с ядром, используя в качестве мишени действия геном. Однако, эта работа непротиворечива методически. Нейтрализующая белковая фракция, по их представлениям, не проникает в

клетку, а остается на ее поверхности, на специализированных рецепторах, играя роль триггера определенного типа метаболизма.

Интересный метод исследования взаимоотношений ВКМ и клеток предложили Мэй и Ченг [57], которые нашли способ покрытия микрошариков из цитодекса-2 матриксом желточного мешка с последующей посадкой на обработанные таким образом шарики клеток различных линий обезьяны, крысы, человека, мыши, в том числе и опухолевых.

Эплин и др. [19] показали множественность механизмов прикрепления эпителиальных клеток амниона человека к их ВКМ, который содержит как трипсин-чувствительные, так и трипсин-резистентные сайты, обеспечивающие адгезию. Имеются данные о прямом участии ВКМ в процессах старения [28, 29]. Трудоемкая и значительная работа проделана Хесл и др. [46], в которой выявлено с помощью моноклональных антител наличие в ВКМ антител, отличных от антиламина и других к уже известным компонентам ВКМ. Это указывает на то, что макромолекулярный состав ВКМ далеко не изучен до конца.

Не только чисто белковые компоненты ВКМ имеют морфогенетические свойства, но и полисахаридные компоненты протеогликанов-гликозаминогликаны — обладают модулирующими свойствами в проявлении активности ВКМ, причем часто их влияния носят разнонаправленный характер. Так, противоположным образом действуют гиалуронат и хондроитин-сульфат. Как и в случае коллагена, даже фрагменты гиалуриновой кислоты ингибируют в определенных условиях функциональную дифференцировку тканей [22].

Существует множество доказательств, что даже после формирования ткани ее способность реализовать свои функции зависит, тем не менее, от природы ее ВКМ. В высшей степени характерно, что клетки в условиях культуры могут претерпевать существенные изменения в своих дифференцировочных функциях в зависимости от состава и структуры ВКМ [21]. Исследования показали, что определенные функциональные потери культур могут быть восстановлены, если клетки помещать на естественную поверхность ВКМ, но не на пластик или стекло непосредственно. Положительная роль линзового ВКМ или чистого коллагена на формирование клеток линзовой стромы в культуре была изучена Хэй [45]. Эта, а также многочисленные работы по индукции хряща и хондрогенеза показывают, что даже после формирования хондроцитов или линз искусственное удаление ВКМ приводит к потере дифференцировочных функций, а его восстановление приводит к редифференцировке. Также как в случае дифференцировочных процессов, компоненты ВКМ могут иметь и положительную, и отрицательную направляющую в поддержании тканевой специфичности [21,

22]. Ясно, что ВКМ стабилизирует уже достигнутый тканями морфофункциональный статус и является, возможно, главным носителем высших механизмов гомостаза тканей от зрелости до начала старения. Это согласуется с фактом участия ВКМ в старении и необычайно важно в поддержании целостности, стабильности его защитных систем. Однако, этот аспект значимости ВКМ еще требует большой теоретической и экспериментальной работы. Инструктивные функции ВКМ простираются и на клеточную пролиферацию. Регуляция роста — это важный пункт тканевой специфичности и поддержания «нормального» гомостаза. В противоположность большой литературе по механизмам регуляции роста клеток в культуре, знание роли ВКМ в этом процессе ограничено. Это удивительно, т. к. первые успехи по выращиванию клеток в культуре были связаны с использованием фибриновых ступок для адгезии растущих клеток. Биохимия взаимодействия клеточной поверхности с ВКМ стала значительно яснее, когда был открыт, выделен и очищен присущий ему практически всегда фибронектин [47, 95]. С помощью иммунофлуоресцентной техники было показано, что фибронектин располагается внизу и частично поверх культивируемых клеток [48]. Дальнейшие исследования выявили, что фибронектин имеет специфическую роль прикрепления фибробластов к их субстрату. Количество работ по фибронектину стало быстро расти [см. обзор 73], выявляя многочисленные детали в организации ВКМ. Было обнаружено специфическое фибронектин-коллагеновое взаимодействие посредством определенных участков связывания с образованием комплекса этих молекул в матриксе. Далее, было показано, что комплексообразование происходит с участием другого протеогликана — ламинина, а фибронектин способен связывать гликозаминогликаны. Было выяснено также, что фибронектиновая молекула имеет два типа сайтов, связывающих компоненты матрикса и клеточную поверхность. Иммунофлуоресцентная микроскопия с использованием антисыворотки против актина, тубулина, виментина и других цитоскелетных белков показала высокую упорядоченность в организации внутриклеточных фибрилл, большая часть которых ассоциирована с плазматической мембраной и ВКМ [56].

Было доказано, что фибронектин вне клетки и актиновые пучки внутри клетки связаны [56], а использование изящного методического приема мягкого отделения фибробластов от мест связывания на культуральных чашках продемонстрировало, что остающиеся после отделения клеток молекулярные фрагменты, т. н. "отпечатки ног", содержат в своем составе фибронектин и гликозаминогликаны, также как и компоненты цитоскелета — актин, миозин и белки микротрубочек

[30]. Это было прямым свидетельством контактов цитоскелетных структур с ВКМ.

Однако, эти контакты несут не только чисто механические функции: назначение их, вероятно, гораздо шире. Неожиданным и трудно поддающимся объяснению, например, оказалось обнаружение иммунологического родства сульфогликопротеина М. м. 205 кД из ВКМ мышечных фибробластов с высокомолекулярными белками цитоплазматических микротрубочек этих клеток [25]. Электронномикроскопическое исследование животных клеток показало, что кроме микрофиламентов, промежуточных компонентов филаментов и микротрубочек существуют и сетчатые филаменты, называемые микротрабекулами [92], которые контактируют и с ядром, и с цитомембраной. Существенным и принципиальным фактом оказалось и то, что трабекулярная сеть и филаменты ассоциированы с главным компонентом трансляционного механизма клетки — полирибосомами [93], функционирование которого напрямую зависит от степени полимеризации указанных клеточных фибриллярных структур [26].

Таким образом, морфо-иммуно-биохимическими методами было убедительно доказано, что межклеточное вещество — ВКМ — является сложной, гетерогенной, по сути информационной структурой, образующей с цитомембраной, цитоскелетом и ядром клетки эпигенетическое функциональное единство.

Нарушение этого единства меняет пути цитодифференцировки и влияет на уже достигнутый сформированными тканями морфо-функциональный статус. Эпигено-трансляционная регуляция на уровне полисом, опосредованная ВКМ-цитоскелетно-ядерными отношениями, должна играть фундаментальную роль в онтогенезе и в поддержании ткане-специфических функций.

В настоящее время сложилась парадоксальная ситуация, когда накоплен огромный экспериментальный материал о роли ВКМ, как уже говорилось, преимущественно феноменологического толка, но практически отсутствуют представления о молекулярных и более тонких механизмах матричной работы. ВКМ функционирует, но каким образом? Морфо-связи ВКМ с ядром, клеточной мембраной цитоплазмой зарегистрированы, но это еще не означает понимания их работы. Каково живое содержание этих связей между фибриллярными, главным образом, структурами ВКМ (коллагены), фибриллярными структурами цитоплазмы (микротрубочки, филаменты мышечных белков, РНК, в составе полисом и рибосомная РНК) и фибриллярной структурой клеточного ядра (ДНК в составе хромосом)? Что общего, какие рабочие связи между этими биополимерами, два из которых (ДНК, РНК), как

известно, являются информационными, а коллагены — кандидаты на эту роль?

Попытки ответить на указанные вопросы будут альтернативой поиска «чистых» морфогенетических веществ, который в настоящее время дал много, но требует развития в иных направлениях. Диффузия химических морфогенов от клетки и клетке относительно медленна и не способна объяснить онтогенез [43].

Неясное, но потенциально высокозначимое информационное взаимодействие между матричными структурами, программирующими белками, ДНК ядра, РНК всех типов и цитоскелетом представляется главным, сущностным в эпигенетических отправлениях ВКМ и выступает в качестве первичного содержания предлагаемой версии развития биосистемы из яйцеклетки, версии, которая будет постепенно развиваться в последующих главах в теоретическом и экспериментальном планах.

Вернемся снова к модели морфогенеза как пространственной передаче морфогенетических матрично-клеточных механических нестабильностей [64]. Главный элемент модели — создание в матричной сети управляющих неоднородностей (градиентов адгезивности, механических колебаний надмолекулярных структур ВКМ и др.). Математический аппарат модели позволяет предсказать будущий пространственный паттерн мезенхимных клеток в раннем эмбриогенезе, в частности, — для кожных перьевых закладок и позвоночных дисков.

Очевидно, модель верна в главном, но отражает лишь начальные тенденции морфогенезов, на что указывают сами ее авторы. И это понятно потому, что затрагивается только внешняя сторона, простейшие формы клеточно-матричных отношений, результат которых в создании механикоадгезивных векторов для движущихся клеток. Но ограничиваются ли этим функции ВКМ? Из рассмотренной литературы явствует, что ВКМ распространяет свое влияние внутрь клеток на их метаболизм, функцией которого, собственно, и являются клеточные натяжения, деформирующие матрикс. Приводимая выше гипотеза «динамической взаимности» Биссель и др. [22] предполагает, что клетка и матрикс обмениваются информацией как при цитодифференцировке, так и без нее.

И эта гипотеза, и описанная выше модель морфогенеза Остер и др. [64] оставляют без ответа вопрос: как матричная информация передается внутрь клетки, в том числе и сигналы на ее «мышечно»-сократительную систему? Может быть, матрично-клеточные колебания гораздо сложнее по своим пространственно-временным и частотным характеристикам, а следствия их не только и не столько в сигнальных

чисто механических деформациях, предполагаемых моделью Остер и др? Можно полагать, что порождаемые этими колебаниями биоэлектрические, акустические и иные волновые (полевые) эффекты несут в себе гораздо больше морфогенетической эпигенной информации о взаимных состояниях клетки и ВКМ. Для такого предположения есть определенные экспериментальные послышки: (а) конформационная лабильность молекул ДНК, РНК и белков способна заключать в себе огромный запас информации, (б) конформационная лабильность ДНК, РНК и белков означает изменение их биоэлектрических свойств, а следовательно — лабильность и электрических полей, (в) матричные системы (например: костного ВКМ) являются сильными акцепторами электрических, магнитных и электромагнитных излучений. Рассмотрим подробнее эти три пункта в пределах обсуждаемой проблемы.

Вряд ли имеет смысл приводить здесь результаты исследований по конформационным перестройкам и их биологической значимости для белков и РНК. Этому посвящена огромная литература. Укажем лишь на то, что давно и хорошо изученные вторично- и третично-структурные переходы РНК *in vitro* до сих пор не зафиксированы для состояния РНК рибосом *in vivo*. В равной мере это относится и к рибосомным белкам. Более оптимистическая ситуация с транспортными РНК, для которых показана существенность молекулярных конформаций в кодон — антикодоновых узнаваниях [96]. Изучение вторичных и более высоких уровней структур ДНК переживают сейчас как бы второе рождение. После долгих лет устоявшихся знаний относительно *A*-, *B*-конформаций ДНК в рамках модели Уотсона-Крика, появились многочисленные экспериментальные данные о других, отличных от *A*-*B*-состояний, структурах ДНК и о чрезвычайной биологической значимости топологии ее высших уровней. Так например, было показано, что простейшие топо-формы ДНК — узел (кольцевая замкнутая) и линейная молекулы различаются по эффективности транскрибирования тимидинкиназы в ооцитах шпорцевой лягушки в 500—1000 раз [42]. Практически бесконечное варьирование топологических форм ДНК на уровнях, более высоких, чем вторичная структура, определяется, вероятно, тем, что сама вторичная структура молекул ДНК оказалась удивительно подвижной, принимающей разнообразные состояния. Даже в пределах канонической *B*-формы был обнаружен структурный полиморфизм [32], который раньше проявлялся только на рентгенограммах коротких олигомеров. Найдена важнейшая для гено-инженерных исследований корреляция между конформацией ДНК и направлением действия рестриктаз [62]. Вероятно, объединяющим фактором для всех высших конформационных состояний ДНК в хромосо-

мах служит то, что ее молекулы находятся в жидкокристаллическом состоянии [34, 2], изначально обеспечивающим их упорядоченную динамику. Показано существование новых форм вторичной структуры ДНК: *Z*-форма, *P*-форма, теоретически описан $B \Rightarrow Z$ переход в ее молекуле [4, 79].

Высказано предположение, что ДНК присуща чередующаяся *B*-*Z* структура, которая снимает топологические трудности раскручивания ее молекулы при репликации [11]. Приводятся данные, которые позволяют предполагать сосуществование и взаимопереход множественности конформационных состояний на уровне вторичной структуры [79], зависящих от определенных последовательностей в ДНК [2, 13,5].

Термодинамические, изгибные, торсионные возможности ДНК велики. С помощью вычислительных экспериментов было обеспечено предсказание движения вдоль ее цепи особых уединенных волн (солитоны, кинки) [3, 16, 14, 97], потенциальная роль которых, как это будет показано ниже, огромна. В значительной мере это может относиться и к белкам, для которых солитоны также постулированы [7]. Широкий спектр возможных структурных перестроек ДНК и теоретический анализ конформаций динуклеозиддифосфатов позволил Покровской и др. [13] сделать вывод, что различные специфические последовательности полинуклеотидов будут иметь близкие по геометрии канонические структуры, но принципиально отличающиеся неканонические конформаций. Такую возможность они назвали «конформационным кодированием», которое означает, что белково-нуклеиновое узнавание осуществляется на уровне неканонических конформаций нуклеиновых кислот. *A*, *B* плюс *B*-структурный полиморфизм, *P*, неканонические конформаций динуклеозиддифосфатов — все эти большие, но ограниченные вариации взаимопереходящих форм вторичной структуры ДНК и ее компонентов детерминируют эволюционно неограниченное разнообразие высших уровней организации полинуклеотида.

Это предопределяет то, что лабильная совокупность вариантов низших (первичная и вторичная структуры) и высших (после вторичной) уровней организации ДНК — это огромный пул многоступенчатой и многослойной эпигенетической информации (ее иерархия) о потенциальных и реальных операциях с ДНК, предшествующих и подготавливающих к дифференцированному считыванию матричных РНК, последующему их процессингу и, наконец, трансляции в аминокислотные последовательности белков. Оба вида информации, закодированной в РНК, — генетической (первичная структура, нуклеотидная последовательность) и эпигенетической (высшие и низшие формы упа-

ковки вторичной структуры заключены в ее пространственной архитектонике, разнообразие которой неограничено или, по крайней мере, неопределенно велико. Кроме того, и это существенно, высшие/(знаковые) топологии ДНК в хромосомах интерфазных ядер позволяют выйти из границ одномерного кодирования биосистемы.

Здесь подтверждается известное положение, что информация есть отраженное разнообразие, в том числе и структурное [10]. Если исходить из того, что при ВКМ-ядерных отношениях происходит «динамический взаимный разговор», между этими внеклеточно-клеточными информационными структурами [22, 80], то передаваемая при этом информация может пониматься как разнообразие, которое один объект (ВКМ) содержит о другом (ядро). ВКМ и ядро взаимно и динамически отражают состояния друг друга. Можно сказать об анализируемой ситуации, что при такого рода взаимоотображениях происходит передача разнообразия от одного взаимодействующего объекта к другому. При этом разнообразие меняет свою форму (архитектоника ДНК в хроматине сменяется на архитектонику матричной сети, каким-то образом коррелирует с ней). Говоря языком теории информации, здесь происходит перекодирование разнообразия, но такое перекодирование, которое изменяя форму, сохраняет содержание, конкретное тождество взаимодействующих систем. Какие силы морфогенетического толка и какие внешние по отношению к организму влияния проводят ДНК и ВКМ через эту взаимно коррелированную динамическую иерархию структурных состояний в процессе роста и развития организма?

Простейшие топологические переходы (линейная — кольцевая замкнутая ДНК) могут, к примеру, быть индуцированы электромагнитным излучением различных диапазонов. Так, индукция одного из бактериоцинов — пиоцина *R* — осуществляется воздействием ультрафиолетового света на ДНК бактерии *Pseudomonas aeruginosa* [6], профага Я у бактерии *Escherichia coli* электромагнитным полем 40—60 ГГц на субтепловом уровне [1].

Чрезвычайно важны в этом плане теоретические и экспериментальные поиски [55, 82, 33] по адсорбции электромагнитных излучений (ЭМИ) гигагерцового диапазона молекулами ДНК, в которых было предсказано и экспериментально подтверждено резонансное взаимодействие ЭМИ с ДНК. Были обнаружены резонансные частоты микроволнового поглощения водными растворами образцов клонированной ДНК с известной длиной, последовательностью и топологией. Эти частоты зависят от длины и формы ДНК и лежат в районе 2—9 ГГц. Близкие явления были зарегистрированы для плазмидных и хромосомных ДНК [91], а также для рибосомной РНК [60]. Полагают [33], что

аналогичные феномены будут обнаружены и для других линейных симметричных биомакромолекул. Не исключено, что таковыми будут коллагены, чувствительность которых в костных матричных системах к ЭМИ исключительно велика [58, 59, 65, 20].

Вернувшись к матричным системам, уместно вспомнить слова Гробштейна: «*Мудрость матрикса, заимствованная у Кононовой мудрости тела, вероятно, может быть выражена языком, отличным от наследственности, но связанным с ней*» [41]. В сущности, здесь прозорливо угадан некий гипотетический «язык» матрично-ядерных отношений, т. е. «язык» обмена супергенетической информацией, о которой говорилось выше, между их главными компонентами — ДНК и коллагеном. ДНК хромосом и коллаген ВКМ пространственно разобщены, но связаны через ансамбль цитоскелетно-ядерных фибрилл, микротрубочек, микротрабекул. Это механические связи, создающие по Биссель и др. [22] геометрически определенные компартменты в цитоплазме и обеспечиваются тем самым метаболические шаблоны и каналы, транспорт продуктов жизнедеятельности клетки. Считается, что эти фибриллярные связи способны каким-то образом преобразовывать характер упаковки ДНК в ядре, но это уже из области предположений. Здесь сила гипотезы Биссель и соавторов иссякает. Как уже подчеркивалось, констатация наличия морфо-связей ВКМ-ядро не означает еще понимания того, как они работают.

Надо полагать, тяговые усилия, т. е. фактически сверхнизкочастотные колебания, источниками которых являются «внешний цитоскелет» ВКМ и внутренняя совокупность клеточных фибриллярных образований, включая хромосомы, по своей структуре и содержанию гораздо богаче. Меняющаяся геометрия коллагеновых фибрилл и протеогликанов в составе ВКМ порождает движение доменов однотипно поляризованных областей макромолекул и соответствующих им электрических полей по механизму «биоэлектрического эффекта» [8] и других биополевых эпигенетических потенциалов, о которых речь пойдет ниже.

Есть прямые экспериментальные указания [76] о решающей роли геометрии костного ВКМ в процессе остеогенеза.

Принципиален вопрос: почему меняется геометрия, суть, структурные состояния коллагено-протеогликановой сети ВКМ? Из моделей Биссель и др. [22], Остер и др. [64] следует, что таковые определяются состоянием и типом клеточных популяций, их суммарными тяговыми Усилиями, но кроме того ясно [82, 18, 8, 91, 60, 33], что специфическим образом неслучайно поляризованные ассоциаты макромолекул, в том числе и в составе ядра, ВКМ и полирибосом, не могут не взаимодействовать с внешними по отношению к организму электрическими,

магнитными и электромагнитными полями. Последнее находит особенно яркое экспериментальное подтверждение на примере кости как гипертрофированного ВКМ [59, 65, 20, 58].

Уже более 10 лет назад было принято [59, 65], что электретные и информационные свойства ВКМ костей каким-то образом связаны, а Пилла [65] на основании своих экспериментов по изменению остеогеназа импульсными электрическими полями, доказал, что при этом происходит перенос электрохимической информации через межклеточное вещество на мембрану клетки. Особое значение в этом процессе принадлежит коллагену (как электрету) и ионам Ca^{++} . Однако, содержание понятия «электрохимическая информация» остается неопределенным.

Бассет и Павлюк [29] также полагали, что обнаруженные в остеocyтах и их ВКМ пиро- и ферро-состояния биополимеров, а также их электретные свойства определяют многие особенности костной ткани. Затем было продемонстрировано, что кости характеризуются определенным электретным состоянием и способны накапливать большие количества поляризации (до 10 В/см^2). Даже малые электрические поля могут индуцировать в них измеряемое электретное поведение [59]. Свойства костной ткани обусловлены электретным механизмом накопления заряда в пространстве кости. Это обусловило применение давно вошедшего в клиническую практику ускоренного сращивания костных обломков постоянными электрическими и переменными электромагнитными полями нетепловых уровней [58].

Поскольку огромное большинство биополимеров могут содержать диполи и (или) ионы, электретное состояние для них — неотъемлемое качество. Вода, связанная с биополимерами, может также быть резервуаром накопления электрической энергии посредством электретного эффекта, а следовательно — и источником внутренних полей организма. Другим, не менее важным, источником внутренних полей организма являются трансмембранные электрические поля, обусловленные калий-натрий и водородными насосами в нервных клетках и митохондриях. Это перманентно присутствующие, перемещающиеся, меняющие свои характеристики поля, не учитывать действия которых, в частности, — на ВКМ, нельзя. Правильнее будет поставить вопрос даже шире: как влияют взаимодействия электрических полей цитоплазматического и матричного происхождения на ВКМ-клеточные взаимоотношения? Несомненно, эти отношения включают в себя и обмен информацией, реализующей, по крайней мере частично, ту «динамическую взаимность» клетки и ее ВКМ, которую постулирует Биссель и др. [22]. Таким образом, можно полагать, что инструктивная инфор-

мация сложных полимерных сетей ВКМ заключена в динамизме их электретно-полевых состояний и связанных с ними конформационных перестроек.

Если, исходя из сказанного, принять положение, что надмолекулярные ассоциаты биоэлектретной протеогликано-коллагеновой сети ВКМ в аранжировке малых «программирующих» белков являются специфическими акцепторами, преобразователями и передатчиками от клетки к клетке внутренней и внешней полевой информации, то гипотеза Гробстейна [41] о «мудрости матрикса», имеющего свой «язык», становится более понятной. «Диалог» клетка-матрикс, кроме мелко-масштабного тактического пути диффузии, рецепции и, вероятно, эндоцитоза морфогенов, может проходить в эпигенетическом режиме на стратегическом крупномасштабном уровне, на кодовом «языке» электретно-конформационной динамики взаимоотражающих состояний ядра клетки и матричной системы. Это «язык» электрических и электромагнитных полей мобильных областей поляризации макромолекулярных и надмолекулярных ассоциатов матриксов, ДНК хромосом и РНК в составе белок-синтезирующей клеточной «машины». В прямых физико-биологических экспериментах были зарегистрированы слабые электромагнитные излучения, генерируемые в течение нескольких минут в процессе синхронного деления клеток дрожжей и водорослей в культуре, когда активность и лабильность хроматина максимальна [81, 66, 67]. Авторы исследований полагают, что такого рода электромагнитные колебания являются необходимым условием нормального клеточного деления. Эти данные прямо свидетельствуют в пользу специфического полевого «языка», присущего информационным макромолекулам. Не исключено также, что одним из таких полевых векторов является и акустический канал фононов, порождаемых конформационными и иными колебаниями рассматриваемых матричных и полинуклеотидных макромолекул.

Необходимо осознать еще одно существенное обстоятельство. Эпигенез матриксов отражен в эпигенезе хроматина, его ДНК. В этой связи надо понять: каковы эпигенетические функции хромосомной ДНК и РНК белок-синтезирующего аппарата?

Можно условно классифицировать уровни организации ДНК и РНК по их генетической и эпигенетической информационной ценности в виде иерархии кодовых состояний. 0-уровень: короткие, линейные одонитчатые ДНК и РНК. Идеализирование транскрипция-трансляция без конформационных влияний полинуклеотидов на этот процесс. 1-уровень: нелинейные одонитчатые ДНК и РНК. Появляются конформационные влияния полинуклеотидов эпигенетически

низшего порядка («шпильки», «крестообразные структуры»), воздействующие на транскрипцию-трансляцию. 2-уровень: двунитчатая ДНК с локально расплетенными участками для синтеза информационной РНК. Конформационные эпигенетические влияния *A*-, *B*-, *Z*-, *P*-структур на больших участках ДНК становятся значительными. 3-уровень (особый): линейная нерасплетенная двойная спираль ДНК. Генетический код «закрит» сам на себя ассоциацией двух нитей полинуклеотида. Скачок в новое качество: содержится генетически «все» и одновременно «ничего», линейный одномерный генетический код «не в работе». Это начало высших эпигенетических функций ДНК, выход в нелинейное многомерное кодирование пространства-времени биосистем. 4-уровень: кольцевая замкнутая ДНК. Кольцо — это простейшая эпигенетическая информация высших топологических структур двойных спиралей полинуклеотида. 5-уровень: катенаны, образованные несколькими взаимодействующими кольцевыми замкнутыми ДНК. 6-уровень: суперспирали, сложные узлы ДНК. 7-уровень: высшие уровни организации жидкокристаллических (холестерических и иных) топо-форм ДНК в составе хроматина. Выход в новое качество высокодинамичного структурного полиморфизма больших участков ДНК стратегической значимости — основы эпигенетического развитого кодового «языка» общения с матричными сетями и белково-синтезирующим аппаратом клетки.

В этой классификации особого внимания заслуживают 3 качественно различных уровня в иерархии структур ДНК и соответствующих им скачков в ценности гено-информации: 0-уровень; это монотонно вытянутая нить однотяжных ДНК и РНК. Здесь чисто генетический уровень кодонов. 3-уровень особый; это двойная спираль ДНК, уровень еще не снятой, запасенной информации. 7-уровень; разрешен практически неограниченный набор топологий в пределах жидкокристаллического состояния ДНК в ядре клетки. Этот динамичный набор является, возможно, кодовым эпигенетическим «языком», а точнее — «словарем» ядерно-матричных эпигенетических отношений.

Разумеется, выделение указанных уровней — логическая операция, носящая несколько искусственный характер, поскольку реально все уровни ДНК сосуществуют и взаимопереходящи, но эта операция необходима для уяснения соотношения Низшего и Высшего в содержании генетической и эпигенетической информации. Необходимо понять тонкие различия генетического и эпигенетического языков, их роль и место в морфогенезе, без этого невозможно раскрыть механизмы регуляции активности хроматина, которые, как справедливо отмечает в своем обзоре Ривс [72], почти неизвестны. Каждый новый уровень по-

сле 3-го, каждая структурная особенность добавляет эпигенетическую информацию, нацеленность которой — выйти в онтогенетическую многомерность организма.

Должно существовать функциональное самоупорядочение генома эпигенетического толка в духе концепции Каспара [52], которая предполагает гармоническую систему генов, связей, накопленных в процессе естественного отбора, которые обеспечивают высокую самоорганизацию хромосом, например после каждого акта митоза или мейоза. В обсуждаемой системе соотношения Высшего и Низшего в геноме эукариот 3-ий уровень иерархии (двойная спираль ДНК) может быть также, как и 2-ой, подразделен на подуровни вторичной структуры (*A*-, *B*-, *B* структурный полиморфизм, *Z*-, *P*-формы полинуклеотида), несущие, возможно, смешанную эпи- и генетическую информацию. Все указанные уровни и подуровни организации ДНК образуют сложнейшую в своей соподчиненности и взаимосвязях иерархию эпигенных и генетических кодирующих состояний, определяющих в итоге дифференциальную активность генома в онтогенезе, а главное, — цитодифференцировки и морфогенетические движения клеточно-тканевых пластов, образующих, собственно, пространство-время организма.

Это хорошо согласуется с аналогичной, но более локальной гипотезой «конформационного кодирования», предложенной Покровской и др. [13].

Думается, что эпигенетический режим ядерно-матричных отношений — это стратегия, т. е. выделение больших блоков активного хроматина, организация работы с ним и с его специфическими последовательностями на ДНК типа энхансеров и, наконец, геномный «анализ» значимости используемых топологий ДНК [72] с последующим включением их в супергенетическую работу. Синтез же конкретных информационных РНК — это не более чем тактика генома, обеспечивающая наработку белковых структур.

Должны сосуществовать информационно взаимно однозначные состояния надмолекулярных уровней ДНК в составе хроматина, РНК и РНК в составе рибосом, полисом, информасом и протеогликанокколлаговой сети ВКМ. Таковыми могут быть некие изоморфные для ядра, белок-синтезирующего аппарата и матрикса нелинейно-динамические инфраструктуры, индуцируемые как некие знаковые волновые состояния. Не исключено, что такие изоморфные динамические эпигенные инфраструктуры могут образовываться в определенных условиях спонтанно как своего рода «фонд слов», предшествующих программно-«речевому» управлению клеточными компонентами, цитодифференцировкой и распределением гисто-структур в пространстве и

времени организма. Эта гипотеза (в своей генетико-физико-химической и эмбриологической части в модельных условиях, на чистых препаратах конденсированных ДНК, коллагена и рибосом, а также на проростках семян растений) в какой-то степени подтверждена нами (см. ниже). В хорошем соответствии со сказанным находится теоретическая работа Вологодского [5] о взаимной корреляции различных последовательных локальных структурных переходов (B -, Z -, $B \rightarrow Z$) в кольцевых замкнутых ДНК под действием отрицательной сверхспирализации. Учитывая этот результат, можно считать, что локальная структурная нестабильность ДНК в хроматине порождает лавину взаимно коррелированных «ответов» на других уровнях полинуклеотида и соответствующих им электретных и иных полевых состояний с последующим возможным переносом их на матричные системы.

Предполагаемый дуализм ДНК, РНК и биополимерных матричных молекул отражает их способность обмениваться информацией по двум каналам: медленному химическому, точнее, — биохимическому (тактические пути) и быстрому физическому, (стратегические направления). Физический канал гетерогенен (электрические, электромагнитные, акустические поля, домены поляризации) и определяется преимущественно нелинейно-динамическим состоянием рассматриваемых биополимеров.

Ядерно-матричные отношения можно анализировать в русле высказанных идей и более широко в том смысле, что матричная и хромосомная информация может мигрировать полевыми каналами не только в направлениях «клетка 1 \rightleftharpoons матрикс \rightleftharpoons клетка 2», но и по всему интерцеллюлярному ретикулуму, который, вероятно, способен быть субстратом особой сигнальной системы организма, в том числе — и субстратом биологически активных точек (БАТ) акупунктуры. При этом интерцеллюлярный ретикулум может выступать как своеобразный надмолекулярный аналог нейронных сетей, который обеспечивает направленное введение информации в определенные клеточные и тканевые ассоциаты, в том числе и в «матрикс акупунктурной компетенции».

Отсутствие экспериментальных данных о реальном, действующем субстрате БАТ [15, 27], которое опосредует стимулирующее влияние чжень-цзю терапии, косвенно подтверждает такое предположение.

Предлагаемая гипотеза кодовой иерархии взаимнокоррелированных электретно-полевых состояний матриксов и геномов соответствует представлениям Фрелиха, который предположил, обосновал теоретически и получил экспериментальные доказательства (см. обзор 66], подтвержденные затем другими [81, 66, 67, 68, 31], — продуцирования

животными, микробными и растительными клетками переменных электромагнитных полей.

Работы Фрелиха находятся в тесной связи с представлениями о высокой чувствительности некоторых биологических систем, особенно биомембран, к слабым электрическим и электромагнитным полям. Эти системы могут накапливать сигнал энергии и таким образом превышать тепловой Больцмановский шум (кТ), они могут обеспечиваться сравнительно малыми энергиями активации и при этом — быть защищены от тепловых флуктуаций [18]. С точки зрения эволюции, биологическая мембрана может быть рассмотрена как одна из наиболее элементарных диссипативных систем [61], которая является химически накачанной, открытой и устойчивой, а энергия, поставляемая ей, обеспечивается последовательностью обратных связей, как накопленного результата осцилляторных биохимических реакций [63]. Последние являются источником когерентных колебаний в биологической системе, которые могут переходить в низшие колебательные состояния, характеризующиеся высокой степенью пространственной когерентности по типу бозе-конденсации фононов. Общая теория когерентных колебаний в биологических системах была развита Фрелихом [34-38], где он рассматривает коллективные химические осцилляции, в которых белки, окружающие ионы и структурированная вода являются главными составляющими и осциллируют между сильным электрически полярным возбужденным состоянием и слабым полярным фоновым состоянием. Слабая химическая осцилляция в них связана с соответствующими электрическими колебаниями. Сильное электрическое взаимодействие между высокополярными состояниями в связи с сильным сопротивлением электрической проводимости налагает лимит-циклические ограничения на эти полярные системы, делая осцилляции крайне чувствительными к внешним электрическим и химическим влияниям. Ответы на них носят кооперативный характер, нелинейны и часто бывают сильными в ответ на сверхслабые стимулы [18].

Как видим, соображения относительно информационной природы (электретно-полевых каналов) комплекса ВКМ-мембрана не противоречат лапидарно изложенным следствиям из модели Фрелиха. Поскольку многочисленные исследования, приведенные выше, свидетельствуют о том, что функции плазматической мембраны *in vivo* не могут более рассматриваться отдельно от единого с ней ВКМ, то ясно, что уравнения неравновесной термодинамики, описывающие свойства клеточных мембран [23], должны включать в себя члены, учитывающие функции ВКМ. Исключительная чувствительность к слабым полям, свойственная клеточной мембране *in vivo*, может иметь главной

причиной сложнейшие взаимодействия между ней, ВКМ и ядром клетки. Имеется настоятельная необходимость описания передачи, запаса- ния и обмена электротно-полевой информацией между ядром клетки, цитоплазмой и ВКМ в терминах и понятиях теории информации.

Чистым листом остается проблема точного соотношения опреде- ленных электротно-комформационных состояний полимерных мат- ричных сетей, ядерной ДНК, РНК белок-синтезирующей системы с эпигенной кодовой значимостью этих состояний.

ЛИТЕРАТУРА

- Банников В. С., Рожков С. Б., ДАН СССР, 1980, т. 255, № 3, с. 746-748.
- Варшавский Я. М., Молекулярная биология, 1985, т. 19, вып. 1, с. 230-247.
- Волков С. Н., Мат. мет. для иссл. полим. и биополим. Пушино. 1985, Тез. докл., с. 67-68.
- Вологодский А. В., Мол. биол., 1985, т. 19, № 5, с. 687-92.
- Вологодский А. В., Мол. биол., 1985, т. 19, № 4, с. 1062-71.
- Гаряев П. П., Поглазов Б. Ф., Биохимия, 1969, т. 34, вып. 3, с. 585-597.
- Давыдов А. С. Солитоны в молекулярных системах. 1984, Киев. Наук. думка.
- Кулин Е. Т. Биозлектротно-полевой эффект. 1980, «Наука и Техника». Минск.
- Лебедев Д. А., Успехи соврем. биол., 1979, т. 88, вып. 1(4), с. 36-49.
- Ленинская теория отражения в свете развития науки и практики., 1981., Наука и искусство. т. 1. София. с. 154-156.
- Нейфах Ю. А., Туманян В. Г., Мол. биол., 1985, т. 19, № 2, с. 406-411.
- Петухов С. В., Рукопись деп. в ВИНТИ 6 сент., 1984г. № 6098-84 деп. 491с. Библ. 30 назв.
- Покровская М. Ю., Лысов Ю. П., Флорентьев В. Л., Мол. биол., 1985, т. 19, № 1, с. 98-109.
- Полозов Р. В., Якушевич Л. В. Физ.-хим. св-ва биополим. в р-ре и клетках., 1985, Симп. Тез. докл. с. 245.
- Ромоданов А. П., Богданов Г. Б., Лященко Б. Ф., Первичные механизмы дейст- вия иглоукальвания и прижигания, 1984, Вища Школа. Киев.
- Федянин В. К. Якушевич Л. В. Мат. мет. для иссл. полим. и биополим. 1985, Пушино. Тез. докл. с. 81
- Хоперская О. А., ДАН СССР, 1983, т. 272, № 2, с. 481-485.
- Adey W. R. *Physiol. Rev.*, 1981, v. 61, N 2, p. 435-514.
- Aplin J. D., Cammbeil J., Foden L. J., *Exp. Cell Res.*, 1984, v. 153, N 2, p. 425-438.
- Bassel C. A. L., Pawluk R. J., *ANN. NY Acad. Sci.*, 1984, v. 238, p. 249.
- Bissel M. J., *Int. Rev. Cytol.*, 1981, v. 70, p. 27.
- Bissel M. J., Glenn H. H., Parry G. J. *Theor. Biol.*, 1982, v. 99, p. 31-68.
- Blumenthal R., Changeux J. P., Lefever R. J. *Membr. Biol.* 1970, v. 71, p. 45-50.
- Born J., Hoppe P., Schwarz W., Tiedemann H., Wittman-Liebold B., *Biol. Chem. Hoop-Seyler*, 1985, v. 366, N 8, p. 729-735.
- Briones E., Wiche G., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 1985, v. 82, N 17, p. 5776-5781.
- Cervera M., Dreyfuss G., Penman H., *Cell*, 1981, v. 23, p. 113.
- Chan S. H. II., *Neurosci. and Biobehav. Rev.*, 1984, v. 8, N 1, p. 25-31.
- Cohen M. P., Ku Ling, *Exp. Gerontol.*, 1983, v. 18, N 6, p. 547-590.
- Cohen M. P., Yu-Wu Van, *Exp. Gerontol.*, 1983, v. 18, N 6, p. 461-469.
- Culp M. P., Murray B. J., *J. Supramol.*, 1979, Str. 11, p. 401.
- Del Giudice E., Doglia S., Milani M., *Phys. Lett.*, 1982, v. 90 A, p. 104.
- Dutta S., Parrack P. K., Sasisekharan V., *Febs Lett.*, 1984, v. 176, N 1, p. 110-114.
- Edwards G. S., Davis C. C., Saffen J. D., Swicord M. L., 1984, *Phys. Rev. Lett.*, v. 53, N 13, p. 1284-1287.
- Francoise L., *Eur. J. Cell Biol.*, 1984, v. 33, N 2, p. 300-311.
- Frollich H., *Phys. Lett.*, 1968, v. 26 A, p. 402.
- Frollich H., *Phys. Lett.*, 1982, v. 29 A, p. 153-154.
- Frollich H., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, v. 72, p. 4211-4215.
- Frollich H., *Neurosci. Res. Programm. Bull.*, 1977, v. 15, p. 27-72.
- Grobstein G., In: *Aspects of synthesis on Growth.*, 1955, (ed. Rundi D), p. 233-56, Princeton.
- Grobstein G., *Nath. Cancer Inst. N Monogr.*, 1977, v. 26, p. 279.
- Grobstein G. (1975) In: *Extracellular Matrix Influences on Gene Expression*, 1975, (Slavkin H., Greulich R. eds) NY, Acad. Press.
- Harland R. M., Weintraub H., Mc Knight S. L., *Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol.*, 1983, v. 47, pt. 2, p. 958-963.
- Harris A. K., Stopak D., Wagner P., *J. Embriol. and Exp. Morphol.*, 1984, v. 80, p. 1-20.
- Hattori T., Ide H., *Exp. Cell. Res.*, 1984, v. 150, N 2, p. 338-346.
- Hay E. D., *Cell Biology Extracellular Matrix.*, 1981, Ed. E. D. Hay., Plenum Press., N-Y and London.
- Hessle H., Sakai L. U., Holister D. W., Burgenson R. E., Engvall E., *Differentiation*, 1984, v. 26, N 1, p. 49-54.
- Hynes R. O., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 1973, v. 70, p. 3170.
- Hynes R. O., *Biochem. Biophys. Acta.*, 1976, v. 458, p. 73.
- Janecek J., John M., Born J., Tiedemann H., *Roux Archiv.*, 1984, v. 150, N 2, p. 21-24.
- John M., Born J., Tiedemann H., *Roux Archiv.*, 1984, v. 193, N 1, p. 13-18.
- Johnson K. E., Adelman M. R., *J. Cell Sci.*, 1984, v. 68, p. 69-82.
- Kaspar R., *Res. Anim. Concepts Appr. Clin. Med. Symp.*, 1982, Hannover, Basel e. a., p. 30-34.
- Kawakami J., Sasaki N., Sato A., Osako N., *Dev. Growth and Different.*, 1978, v. 20, p. 353-361.
- Kemp R. B., Hinchliffe J. R. (eds), *Matrices and Cell Differentiation Proc. In: Clin. and Biol Research.*, 1984, v. 151, N-Y., 480p.
- Kohli M., Van Zandt L. L., *Biopolymers*, 1982, v. 21, p. 1399-1410.
- Lazarides E., *Nature*, 1980, v. 238, p. 239.
- Mai S., Chunh A. E., *Exp. Cell Res.*, 1984, v. 152, N 2, p. 500-509.
- Marino A. A., *J. Bioelectr.*, 1984, v. 1-2, p. 235-244.
- Mascarenhas S., *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1974, v. 238, p. 36-52.
- Neumann E., Katchalky A., *Proc. Nat. Acad. Sci.*, 1972, v. 69, p. 993-997.
- Nicolis G., Lefever R. (eds), *Adv. Chem.*, 1975, v. 25, p. 25-119.
- Nishimura Y., Tsuboi M., *J. Biochem.*, 1984, v. 96, N 6, p. 1807-1811.
- Noyes R. M., Pield R. J., *Annu. Rev. Phys. Chem.*, 1974, v. 25, p. 95-119.
- Oster G. F., Murray J. D., Harris A. K., *J. Embriol. and Exp. Morphol.*, 1983, v. 78, p. 83-125.
- Pilla A. A., *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 1974, v. 238, p. 149-170.
- Pohl H.A., *Coherent Excitat. Biol. Syst.*, Berlin e. a., 1983, p. 199-210.

67. Pohl H. A. (1984). *Int. J. Quantum Biol. Symp.*, N I: Proc. Int. Symp. Quah. Biol. and Quant. Pharmacol., Palm, coast Florida., 1984, March 12-15, p. 367-368.
68. Pokorny J., Vacek K., Fiala J., *J. Biol. Physics*, 1984, v. 12, N 4, p. 79-84.
69. Rath N. C, Reddi A. N.. *Nature*, 1979, v. 278, p. 855.
70. Reddi A. H., 1975, (see Slavkin, Greulich, 1975).
71. Reddi A. H. (ed), *Extracelular matrix: structure and function. UCLA symposia on molecular and cellular biology. New series*, 1975, v. 25. Alan R Uss Inc. (New-York), 435 pages.
72. Reeves R., *Biochim. et biophys. Acta: Gene Struct, and Express.*, 1984, v. 782, (N9), N 4; p. 343-393.
73. Ruoclahti E., Enhvall E., Hayman E. G., *Collagen Res.*, 1981, v. 1, p. 9.
74. Sampath T. K., Reddi A. H., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 1983, v. 80, p. 6591-6595.
75. Sampath T. K., Wientroub S., Reddi A. H., *Biochem. Biophys Res. Comm.*, 1984, v. 124, N 3, p. 829-836.
76. Sampath T. K., Reddi A. H., *J. Cell Biol.*, 1984, v. 98, N6, p. 2192-2197.
77. Saxen L., Toivonen S., *J. Embryol. Exp. Morphol.*, 1958, v. 6, p. 616-613.
78. Seyedin S. M., Thompson A. Y., Rosen D. M., Pies K. A., *J. Cell Biol.*, 1983, v. 97, N6, p. 1950-1953.
79. Shindo H., Fujinara T., Akutsn M., Matsumoto U., Shemidzu M., *J. Mol. Biol.*, 1984, v. 174, N1, p. 221-229.
80. Slavkin H. C, Greulich R. C <eds), *Extracellular Matrix Influences on Gene Expression.*, 1975, New York. Acad. Press.
81. Smith C W., *Front. Enh. and Comput. Health Care, Proc. 6-th Annu. Conf. IEEE Eng.Med. And Biol.Soc.*, Los Abheles, Calif., 15-17 Sept. 1984. New-york. p. 176-180.
82. Swicord M. L., Davis C. C, *Biopolymers*, 1982, v. 21, p. 2453-2460.
83. Suzuki M., *Dev.,Growth and Differ.*, 1981, v. 23, p. 349-360.
84. Tiedemann H. J. *Cell Physiol.*, 1968a, v.72, Suppl. 1., p.129-144.
85. Tiedemann H., In: Grhaniser, 1968b, (eds.Nakamura C.Toivonen S) Elsevier North 33/Holland Biomed. Press.
86. Tiedemann H., Born J., Tiedemann H., *Roux'archiv*, 1972, v. 184, p.285-299.
87. Tiedemann H., Born J., Tiedemann H., *Roux'archiv.*, 1972, v.171, p.160-169.
88. Trelstad R.L. (ed), *Role Extracellular Matrix. In: Development. 42-nd Ann. Symp. of the Soc. for Develop. Bol Biol.*, 1984, Allan R. Liss ins (New York), 643p.
89. Urist M.R., Nikulski A., Lietse A., *Proc.Natl.Acad.Sci.USA*, 1979, v.76, p.1828-1832.
90. Vanio T.-Toivonem S., Saxen L., *Ann.Med.Esp.Fenn.*, 1958, v.36, p.285-291.
91. Weisburd S., *Sci.News*, 1984, v. 125, N16, p. 248.
92. Wolosewick J. J., Porter K. R., *Am. J. Anat.*, 1976, v. 147, p. 303.
93. Wolosewick J. J., Porter K. R., *J. Cell Biol.*, 1979, v. 82, p. 114.
94. Wolpert L., *Curr. Top. Devel. Biol.*, 1971, v. 6 (Moscona A. A., Monroy A., eds), Acad.Press, New-York and London, p. 183-224.
95. Yamada K. M., Weston A., *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 1974, v. 71, p. 3492.
96. Yokoyata S., Miyazawa T., *J.Mol. Struct*, 1985, v. 126, p. 563-572.
97. Yomosa S., *Phys. Rew A: Gen. Phys.*, 1983, v. 27, N4, p. 2120-2125.

2. ИЗО- И ГОМОМОРФИЗМ ОТНОШЕНИЙ ВКМ И ЯДРА КЛЕТКИ

Геномы отдельных клеток не работают изолированно ни в развивающихся биосистемах (клетки, ткани, организм), ни в стационарных (финальный морфогенетический паттерн). Между клетками идет процесс обмена информацией, в частности — эпигенетической [1]. Более детально об этом в другом фрагменте данной работы [2]. Здесь же акцент сделан на анализ авторских экспериментальных данных по спектроскопии корреляции фотонов информационных биополимеров *in vitro* в двух аспектах с позиций биологической значимости и понимания результатов на уровне категорий Отражения и Взаимодействия.

Вопрос о переносчике информации от клетки к клетке не тривиален. Химические носители информации, предлагаемые теорией диссипативных структур [3], обеспечивают только относительно медленные пути миграции биосигнала состояния клетки, что противоречит данным о наличии также и быстрых каналов связи [4], дополняющих, вероятно, функции нервной системы. Такими быстрыми каналами связи предположительно считают полевые состояния биоструктур и организма как целого [1,2], однако о природе полей - носителей биосигнала практически ничего не известно. Вместо этого выдвигаются аморфные понятия «биополя», «биоэлектретного эффекта», единого «электромагнитного континуума» «митотических лучей» и т. д. Вместе с тем нами экспериментально обнаружено явление изоморфизма в колебательных свойствах главных информационных биополимеров — ДНК, рибосом и коллагена (Д, Р, К). Эта сторона нелинейной динамики изучаемых биоструктур заслуживает особого внимания и она иллюстрирована спектральными данными в конце этой главы. Указанное явление может иметь прямое отношение к реальным механизмам быстрого переноса информации внутри клеток, между клетками и тканями по физическим каналам, в частности солитонно-голографическому. Обнаруженный изоморфизм выявляется как коротко живущая тождественность время-зависимых динамичных, полиморфных временных автокорреляционных функций светорассеяния для структурно и функционально различающихся биомакромолекул, точнее — надмолекулярных структур (Д, Р, К). В общем, наличие идентичных специфических и легко распознаваемых паттернов в спектрах колебаний Д, Р, К может служить еще одним свидетельством биознаковой нагрузки этих колебаний. Тем не менее, полное извлечение информации из указан-

ного явления — трудная задача, поскольку возникает ряд теоретических сложностей:

(1) непредсказуемость появления изоморфных функций в ряду меняющихся не изоморфных;

(2) неясно: что конкретно отражает данный вид изоморфных функций? Или коротко живущую тождественность архитектоники укладок нетождественных биополимеров, что может быть и следствием, и причиной определенного типа звука, генерируемого макромолекулами. Или это иной механизм, не имеющий пока рационального объяснения;

(3) непонятны причины аномально долгого затухания колебаний Д, Р, К в наших экспериментах и непредсказуемо богатый набор отвечающих им автокорреляционных функций.

Осознание этого явления не может быть полным без предварительного теоретического анализа понятий изо- и гомоморфизма в рамках теории отражения применительно к изучаемому феномену.

Математически понятие изоморфизма формулируется следующим образом. Два множества объектов A и B находятся в отношении изоморфизма, если между их элементами установлено взаимно-однозначное соответствие, и если для некоторых элементов множества B выполняется отношение K^n , соответствующее K , и наоборот. Если A и B изоморфны и если A удовлетворяет некоторой абстрактной системе аксиом, то и B удовлетворяет той же системе аксиом. Отношение изоморфизма как бы сохраняет подобие отношений между соответствующими элементами множества A и B [7]. С позиции гипотезы Тотального Гетероволнового Автосканирования (см. ниже) понятие изоморфизма выступает как элемент-аналог проявления известных в голографии процессов многомерного взаимоотображения между объектом и его волновой моделью. При этом, существенным для такого рода отображения является общий для всех уровней организации материи принцип, что каждое сложное высокоорганизованное целое имеет такие структурные образования, которые берут на себя функции целого и играют ведущую роль в их структурно-функциональных проявлениях. [5]. Для голограммы — это любой ее фрагмент, сопоставимый с длиной волны записывающего поля. Он способен, дифрагируя референтную волну, реконструировать многомерную электромагнитную или акустическую модель целого объекта с большей или меньшей точностью.

Для Живого это положение находит яркое подтверждение в форме «голографичности» его информационных систем, в частности — головного мозга [6].

Вероятно, это относится к феноменам акупунктуры и ириодиагностики, для которых характерно отображенное представительство органов и систем животных и человека в малых объемах поверхностных слоев тела и радужной обложки глаза. Сюда же примыкает отчетливо выраженная «голографичность» на уровне хромосомно-«водного» континуума. «Голографичность» Живого требует тщательного теоретического анализа и соотнесения его с обнаруженным явлением изоморфизма в колебательных свойствах информационных структур, препаративно изолированных из биосистем. Примем, что колебательные состояния Д, Р, К не изоморфного характера можно условно рассматривать в ситуации *in vivo* как «шум», а изоморфизм — как объединяющий «сигнал» — элемент голографической или иной системы управления, так или иначе связанной с волновыми состояниями Д, Р, К. В этом плане важен общий анализ понятия ИЗОМОРФИЗМ, но не менее важен и частный — в применении и к биохимическому каналу связи между Д, Р, К достаточно хорошо изученному, и к физическому волновому, о котором практически ничего не известно. И общий, и частный анализ целесообразно проводить в русле теории отражения, рассматривающей эволюцию отражательных (сигнальных, в известном смысле) свойств неживой материи к биосигнальным свойствам живых систем, высшим проявлением которых является сознание.

Отношения между Д, Р, К в живой системе — это отношения не только биохимической, но и эпигенетической акустико-электромагнитной коммуникации, существо которой может быть элементом поля разнообразия, кодирующего исходное сообщение, т. е. быть эпигеносигналом, функционирующим как некоторый абстрактный предмет, элемент системы знаков, если находиться на позициях авторов [7].

Если акусто-сигналы и сочетанные с ними электромагнитные в системе общения между Д, Р, К носят знаковый характер и являются элементами этой системы, то они способны, в принципе, кодировать первичное сообщение (элементы поля разнообразия), а при декодировании могут воспроизвести некоторую структуру, изоморфную исходной.

Структура, которая создается идеальным кодом, представляет собой инвариант при переходе от одной изоморфной структуры к другой. Такой инвариант структуры и есть информация в рамках «шенноновского» интервала абстракции [7]. Это означает, что при передаче одной и той же информации между Д, Р, К можно использовать РАЗНЫЕ кодовые волновые сигналы, инвариантные смыслу информации, а, следовательно, — и структуре Д, Р, К в момент приема этой информации. Иначе: коды сообщения РАЗЛИЧАЮЩИЕСЯ, а смысл ОДИН;

и локальная структура с динамикой приемников, которыми являются Д, Р, К в момент акцепции сигналов ОДИНАКОВА, например, — тождественные жидкокристаллические упаковки по типу холестериков и тождественный спектральный состав акустических и электромагнитных колебаний. Если при этом директора холестериков Д, Р, К будут промодулированы идентично с образованием голограммы (в общем случае — дифракционной решетки), содержащей некоторую знаковую (образную) биоинформацию, то возникнет именно такая ситуация с биосигналом, инвариантным одновременно источнику, носителю и приемнику информации. Д, Р, К — это самоорганизующаяся система, которой адресовано передаваемое сообщение от других клеток и тканей; и сама Д, Р, К-структура, приняв сигналы, передает их дальше, являясь также распределенной системой ассоциативной памяти, как и геном эукариот. В этом смысле Д, Р, К являются элементами надмолекулярного биокомпьютера, архитектура и функции которого фрактально вырастают в новый уровень, более развитый по сравнению с хромосомным голографическим биокомпьютером, и это один из многих уровней квазиразумной деятельности биосистем помимо работы мозга. Д, Р, К континуум осуществляет опознание «метаболического образа» организма в виде волновой модели через систему знаков, частным случаем которых являются волновые фронты голограмм, и оперирует этими образами для организации метаболизма в пространстве-времени биосистемы. Д, Р, К — это элементарные и «объект», и «субъект» одновременно, поскольку в этой ячейке «самопознания» происходит взаимный обмен информацией, взаимоотожествление каждого элемента этой системы с каждым, их «взаимоизучение» с помощью специфических отражательных актов. Между Д, Р, К устанавливаются информационные потоки, которые выполняют роль гносеологических посредников в процессе взаимоотражения. Биохимические посредники — это иРНК, тРНК (для Д, Р), физические посредники — это гетерополя: акустические и электромагнитные, включая солитонные (для Д, Р, К). Биохимическая информация инвариантна к ее химическим носителям: одна и та же структура белка (первичная) кодируется разными носителями (ДНК хромосом, иРНК, тРНК). Сходная ситуация с физическими каналами биокommunikаций: содержание физической информации инвариантно к ее волновым носителям — сверхслабым звуку и свету внутриклеточных компонент.

Объект, субъект и информационные посредники, взятые вместе, образуют т. н. «исходную гносеологическую ситуацию», а когда все элементы ее функционально объединены, — она превращается в «стандартную гносеологическую ситуацию» [7]. Представляется, что это в

предельно абстрактной форме выражает знаковые биоотношения между Д, Р, К *in vivo*.

Интересно сопоставить потенциальные механизмы «метаболизма информации» с ее переотображениями на условных уровнях физики и биохимии. На биохимическом уровне отражение носит или «зеркальный», или полностью тождественный характер (репликация иРНК на ДНК, редупликация ДНК). Более детально это можно выразить следующим образом.

Изоморфные «зеркальные» отображения — это почти полное повторение структуры (первичной) ДНК в РНК при транскрипции РНК на ДНК и наоборот (обратная транскрипция). Тождества структур не возникает. Более высокий уровень изоморфизма — при репликации ДНК. Первичная структура одной нити ДНК полностью, но «зеркально» отображается в другой нити. Затем «зеркальность» снимается при комплементарном достраивании каждой из реплик одиночных нитей. В итоге две двойные спирали ДНК полностью повторяют друг друга, т. е. становятся полностью тождественными.

Иной ход событий при отображении первичной структуры ДНК в иРНК, а затем в последовательности аминокислот кодируемого белка. Эти отображения гомоморфны, т. к. нет взаимно однозначного соответствия операций на этих гетерополимерах: изменение последовательности в ДНК и, соответственно, в иРНК влечет за собой изменение первичной структуры кодируемого белка, но обратная операция, насколько известно, не выполняется.

Резонно поставить вопрос об аналогии таких сигнальных гомоморфно-изоморфных отношений с синергичными им информационно-волновыми процессами на субстратах Д, Р, К. На физическом уровне между Д, Р, К при обмене полевой информацией также могут реализоваться отношения изо- и гомоморфизма.

Этот уровень информационного общения не изолирован абсолютно от биохимического, но может образовывать новое физико-биохимическое содержание (новое измерение), с более высоким уровнем организации и выступающее в иной форме, например, — в виде аналогов голографических процессов с образованием волновых эквивалентов («образов»), дающих информацию об излучающих и (или) рассеивающих гетерополя биоструктур. Как уже отмечалось, голограмму разумно рассматривать на эпигенетическом уровне как примитивную форму биознака, пассивно и точно отображающего биоструктуру, как например в фантомном листовом эффекте. Знаковая свертка биоинформации может быть существенно плотнее. Это примерно такое же соотношение, как между текстом и контекстом. Последний информативнее;

текст для него — лишь носитель. Также и сама голограмма может служить субстратом записи информационно более емких символов, знаков по сравнению с прямым планом строения.

В этой связи уточним трактовку канонического соотношения Геном <—> Организм как систему изоморфно-гомоморфных взаимоотношений. Для высших уровней геномного кодирования характерна абстрактность (стратегичность) шифровки пространства-времени высших биосистем: к примеру, конкретное растение (береза, герань) могут быть большими или не очень в зависимости от условий внешней среды, но общий план их строения выдерживается строго. Здесь Геном и Организм находятся в режиме изоморфных отображений. При таком взгляде старая и далеко не решенная проблема — наследуются ли организмами приобретенные в ходе эволюции признаки — приобретает новое, может быть математически формализуемое, содержание. Если же перейти на низшие уровни генокодирования (репликация и РНК, синтез белков), то в этом случае абстрактность кодов не допустима, требуется точное копирование матриц, их взаимоотношения не взаимоднозначны, гомоморфны: мутирует ДНК — изменяется белковый продукт, но не наоборот.

Рассмотрим знаки бионадмолекулярного уровня как кодовые волновые сигналы, символизирующие структурно-функциональные состояния генерирующих информацию биоструктур. Все это формы полевой коммуникации, например в Д, Р, К, и они могут служить элементами волновой самоорганизации живых систем. Существенно, что такие способы оперирования субклеточной и клеточно-тканевой информацией энергетически выгодны организму, они почти «даровые»; поскольку используют естественные гетерополя Живого: видимый и инфракрасный диапазоны, микроволны, акустические поля, пезоволны, солитоны. Вообще, идея ЗНАКА в информационных потоках для биосистем потенциально богата и объясняет с неожиданных позиций не только их биополевые функции, но и химические кодирующие особенности гормонов, как символов определенных метаболических состояний. Собственно, эндогенные аналоги голографических решеток, примером которых являются интерферограммы шредингеровских волн в коре головного мозга [6], являются типично знаковыми системами. Волновой биосигнал есть концентрированное отражение настоящих или потенциальных событий в организме: идеальный образ предмета в головном мозге, как высшая форма биосигнала, есть развертка этого образа из знакового паттерна нейронной активности, которая также имеет волновую компоненту солитонной природы [11]. Свертка полевого знака для биосистем реализуется в частном случае в виде голо-

графического (интерференционного) узора на адекватных биосубстратах, в качестве которых могут выступать и Д, Р, К, а также за счет их знаковой нелинейной динамики, образующей своеобразное «семантическое поле». Одной из форм такого поля выступает, вероятно, и биологическое поле, концепцию которого предложил А. Г. Гурвич [14].

фрелиховские когерентные поля биосистем в данном случае могут играть роль опорных волновых фронтов, на которых происходит голографическая запись. Они же могут выполнять считывающие функции. Таким путем может запастись ЭПИГЕНЕТИЧЕСКАЯ информация, коррелятом которой является СТРУКТУРА организма. Нет оснований думать, что эндогенные аналоги голограмм образуются только в коре головного мозга. Универсальность такой системы информационной самоорганизации в биосистемах вытекает из законов соотношения высшего и низшего, в первоначальном виде сформулированной еще Гегелем, который выдвинул идеи развития, преемственности, включения в высшее, подчинения («снятия») низшего высшему.

В этом смысле можно думать, что шредингеровская волновая голография в коре головного мозга [6] является высшей формой организации волновых процессов Живого, фрактальные более простые аналоги которой имеются и на других уровнях биосистем, в том числе и на уровне Д, Р, К.

Низшее и высшее, по крайней мере в макромире, соотносится в рамках Гегелевской категории снятия, входящей как часть в закон «отрицание отрицания». Это близко системе изоморфных отображений разных уровней развития, например, — биосистемы. По сути, синонимичен этим понятиям и принцип фрактальности (или голографичности, поскольку голограмма — это фрактальная структура) организации материи, в том числе живой, и сознания также.

Организму (как целому) и всем его информационным системам чрезвычайно выгодно, что ЗНАК «... существует объективно, вне и независимо от ... воспринимающего устройства ... и как реальный предмет (явление, процесс, действие) знак в состоянии «записывать» информацию о других предметах» [7], которые взаимоотражают состояния друг друга. Это полностью относится и к коммуникациям между Д, Р, К с помощью Гетероволновых знаковых сигналов. Важно отметить, что включение полевого состояния в знаковую ситуацию и соответственно в элементарные «гносеологические» (отражательные) отношения в триаде Д, Р, К предполагает не только передающий объект, но и воспринимающий — интерпретатор информации. Так, на химическом уровне рибосома «интерпретирует» ДНК через промежуточную «интерпретацию» информационных и транспортных РНК. Здесь

этот процесс идет как ПЕРЕВОД кодового (знакового) «языка» одного биополимера на «язык» другого, интерпретаторы здесь — первичная структура нуклеиновых кислот на этапах транскрипции генетического кода (ДНК -> информационная РНК -> транспортная РНК) и субклеточная структура рибосомы на этапе трансляции (транспортные РНК => иРНК => белок).

Эта мысль находит веское обоснование в речевых характеристиках ДНК и РНК, последовательности нуклеотидов которых подчиняются закону Ципфа, известному в структурной лингвистике [12]. С другой стороны, срабатывает и обратное: речевые компоненты (слова) в своем развитии следуют законам формальной генетики в сфере понятий Лингвистической Генетики [13].

Работа белок-синтезирующей машины — это пример вещественных отражательных (рече-подобных, семантических) функций организма на внутриклеточном уровне. Выход на межклеточные и межклеточные отображения (информационные каналы) сопровождается скачком в новые, более высокие уровни — волновые (полевые, в духе Гурвича). Триада Д, Р, К знаменует собой момент именно такого расслоения (дуализма, по Гурвичу) вещественной и волновой информации. Эта бифуркация знаковых носителей на вещество и поле чрезвычайно важна в гносеологическом плане для адекватного восприятия работы генома высших биосистем. Теоретические работы в этом направлении отсутствуют. Этот пробел остается незаполненным со времен А. Г. Гурвича и А. А. Любищева [14, 15], предупреждавших о типичности чисто вещественного понимания гена.

На полевом уровне организменной интерпретации подвергаются уже колебательные состояния биополимеров и субклеточных структур с помощью квази-разумных актов уровней Геном =>=> Цитоплазма => Внеклеточный матрикс -> Биологически Активные Точки => Нервная + Гуморальная системы. Возможно, интерпретация и адекватность (неискаженность) передачи информации между Д, Р, К обеспечивается наличием упомянутых выше быстро возникающих и исчезающих изоморфных структур (тождественных архитектур и нелинейных динамик высших упаковок информационных гетерополимеров). Это отношение типа ТОЖДЕСТВА, т. е. верное взаимное отображение между Д, Р, К связано соотношениями изоморфизма, которые означают тождество или приближение к нему структур или их частей. В пределе — это отображения абсолютно тождественных структур высших упаковок биополимеров в рамках одного типа топологий и абсолютно тождественного спектрального состава эпигенознаковых колебаний Д, Р, К. Если придерживаться предлагаемого понимания изо-

морфизма автокорреляционных функций интенсивности светорассеяния $D, P > K$, то нельзя исключить и противоположной точки зрения по сравнению с ранее высказанной. А именно, что сигнал несут не изоморфные состояния Д, Р, К, а гетероморфные. Изоморфизм, в таком случае, будет означать отсутствие информации, покой.

Можно ли считать изоморфизм локальной структуры и динамики Д, Р, К выражением математического подобия этих систем, в которых тогда должно быть:

- (1) взаимно-однозначное соответствие между качественно различными элементами систем,
- (2) взаимно-однозначное соответствие отношений между элементами одной и другой системы.

Применима ли теория топосов к отношениям Д, Р, К если учитывать, что топосы — это система отображений, моделирующая выделение любого индивидуального объекта с помощью отображения последнего в так называемый терминальный объект? Во-вторых, надо учитывать, что топосы способны к образованию (с помощью отображений) теоретико-категорного произведения любых двух объектов и их отображений в один и тот же третий объект.

В этом смысле теорема Делина о когерентных топосах может оказаться полезной.

Нельзя ли использовать для трактовки явления изоморфизма для Д, Р, К то обстоятельство, что теория топосов трактует с позиций физики «.. в качестве исходных понятий не точки и свойства их принадлежности интересующих нас классов множеств, а определенные отображения, свойства которых характеризуются другой, более простой системой аксиом, и которые ... появляются операционно гораздо раньше многих ..классов точек»? [7]. Нельзя ли трактовать с этих позиций информационные свойства физических полей-переносчиков информационных потоков между Д, Р, К *in vivo* как отображения их свойств, отображения с более простыми свойствами, чем сами отображаемые Д, Р, К? Теория топосов предпринимает попытку как-то учесть в своих логических построениях эту историю, генезис операционального формирования точек реального физического (и биологического) пространства в современной науке.

Особое значение с позиции предполагаемой многоуровневой системы голографико-подобных принципов волнового самоуправления в живых системах, элементом которого может являться изо- и гомоморфизм, приобретает известный в биологии принцип «опережающего отражения» [8].

Понятие опережающего отражения близко понятию предвидения

головным мозгом, но опережение срабатывает и на других уровнях биосистем, например, — в биохимизме, гормональной активности и др. реакциях организма, включая условные и безусловные рефлексы. Если точкой отсчета отражения является внешний мир как первичный по отношению к внутреннему, то точкой отсчета опережения с введением контекста времени становится сам организм [7]. Условием опережения является предварительная синхронизация — совпадение по времени первых компонентов внутреннего и внешнего ряда, на основе которого разворачивается вся остальная часть внутренней цепи, которая (как целостность) реализуется уже на фоне временного разрыва, без совпадения во времени всех остальных компонентов внутреннего ряда с внешними событиями. Иначе говоря, отразив (первый компонент внешнего ряда), биосистема опережает, но теперь как бы уже в отрыве от отражения. Суть опережения заключается в том, что внутренняя временная структура организма разворачивается быстрее, чем внешняя, и в этом смысле внутренний процесс «забегает вперед», оставив внешний ряд разворачиваться в макромасштабах своего времени. Это и означает разрыв между макропространством-временем и его органической микропространственной моделью, когда не субъект отражения в целом оказывается в будущем, а только его специфические моделирующие структуры, специализированные на функции опережения. Такой высшей структурой опережения стал в конечном счете мозг. При этом опережение базируется на ПАМЯТИ, а память головного мозга имеет, как мы отмечали, голографические основы. В связи с этим важно знать: что отражает субъект отражения как целое? Функцию же опережения могут брать на себя ОТДЕЛЬНЫЕ, ТОЧНО ФИКСИРОВАННЫЕ СУБСТРАТЫ [17]. Элементарным предшественником опережающего отражения на голографической основе может являться способность этой основы к элементарной прекогниции событий. Так, доплеровская голограмма движущегося в 3-мерном пространстве объекта фиксирует информацию о его будущем пространственном положении в коротком временном интервале [9]. Более того, реализована пространственно-временная голография, когда интерферограмма способна различать «будущее» и «прошлое» в сигнале [10].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гл. 1 наст. кн.
2. Гл. 2 наст. кн.
3. Turing A. M., *Phil. Trans. R. Soc.*, 1952, (B), v. 237, p. 37-72
4. Harris A. K., Stopak D., Wagner P., *J. Embr. Exp. Morphol.*, 1984, v. 80, p. 1-20.

5. Орлов В. В., в кн. «Философия пограничных проблем». Ученые зап., 1967, том 185, Пермь, с. 5-83.
6. Nobill R., *Phys. Rev. A: Gen. Phys.*, 1985, v. 32, N 6, p. 3618-3626.
7. Ленинская теория отражения в свете развития науки и практики. 1981, Изд. Наука и искусство. София.
8. Анохин П. К., *Вопросы философии*, 1962, т. 7, с. 104.
9. Денисюк Ю. Н., в кн. «Оптическая голография с записью в 3-х мерных средах», 1986, Ленинград. Наука.
10. Саари П. М., *Изв. АН СССР*, 1986, т. 50, № 4, с. 751-756.
11. Березин А. А., *Анализ процесса формирования и распространения нервного импульса с позиции теории солитонов в длинных линиях передачи.*, 1986, ВИНТИ ДЕП № 6852-B86.09.
12. Katsikas A. A., Nicolis J. S., *Nuovo cimento*, 1990, v. 12D, N 2, p. 177-195.
13. Маковский М. М., *Лингвистическая генетика.*, 1992, М., Наука. 189с.
14. Гурвич А. Г., *Теория биологического поля.*, 1944, М., Сов. наука.
15. Любихев А. А., *О природе наследственных факторов.*, 1925, Пермь.

ИЛЛЮСТРАЦИИ К ГЛАВЕ

Изоморфные автокорреляционные квази-повторяющиеся функции при динамическом лазерном светорассеянии на препаратах ДНК, рибосом и коллагена

Временные автокорреляционные функции (АКФ) зарегистрированы на спектрометрах «MALVERN» двух типов при одном времени дискретизации 2000 мксек/канал и других одинаковых условиях. Подробно о методе спектроскопии корреляции фотонов и способах приготовления препаратов — 2 часть глава 1.

Среди большого разнообразия АКФ указанных классов информационных биополимеров выбраны практически идентичные (изоморфные) повторяющиеся и высоко-воспроизводимые АКФ, тождественные или близкие по спектральной мощности (по Фурье-спектрам). Функции регистрировали на большом периоде времени в 1985 г. и 1990—1991 г.г.

Характерен изоморфизм как в пределах одного класса (тип А), так и между классами (тип Б).

Изоморфизм типа А



Рис. 1а. АКФ для ДНК из тимуса теленка (1985 г.)

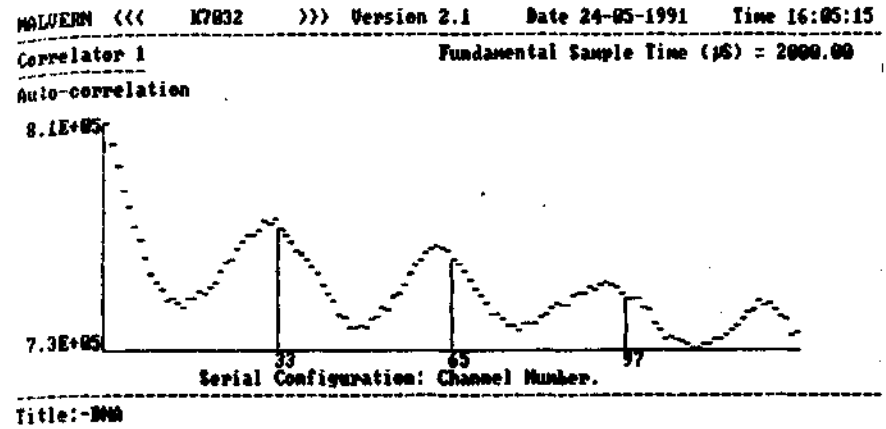


Рис. 1в. АКФ для ДНК из тимуса теленка (24.05.1991 г., 16:05 ч.)

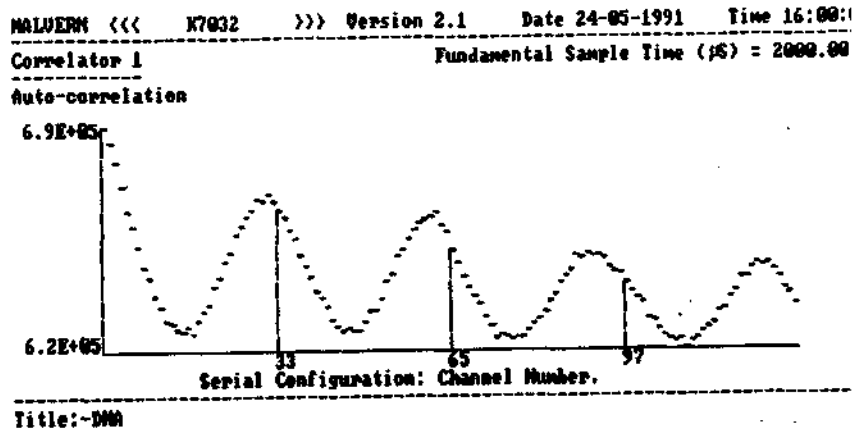


Рис. 1б. АКФ для ДНК из тимуса теленка (24.05.1991 г., 16:00 ч.)

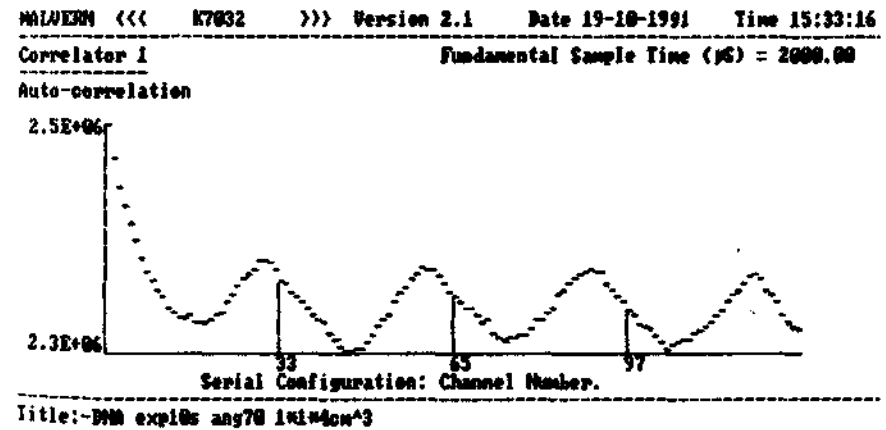


Рис. 1г. АКФ для ДНК из тимуса теленка (19.10.1991 г., 15:33 ч.)

Это типичное anomalно долго затухающее 16 Гц акустическое колебание гелей ДНК, периодически воспроизводимое как на коротких отрезках — 3-5 мин., так и на длинных — месяцы и очень длинных — годы.

Смешанный изоморфизм типа А, Б

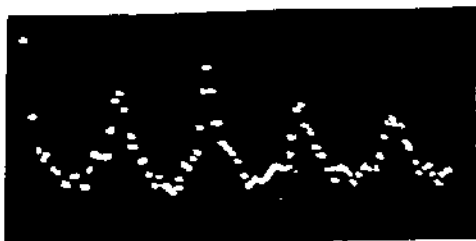


Рис. 2а. АКФ для коллагена из кожи крупного рогатого скота. Аналогичное 16 Гц колебание, что на рис. 1 (в, г), (1985 г.)



Рис. 2б. АКФ для того же препарата коллагена, зарегистрированная через 2 месяца

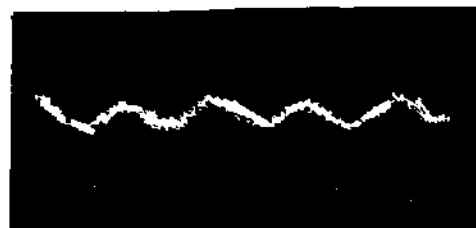


Рис. 2в. АКФ для 50s субчастиц рибосом из бактерий E. coli

Как видно, АКФ на рис. 1 и 2 идентичны по основной частоте, как в пределах разных классов биополимеров, так и внутри класса.

Изоморфизм типа Б

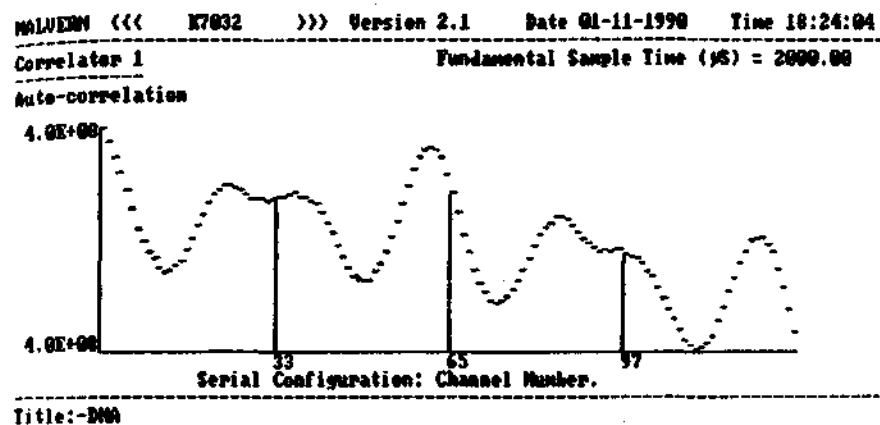


Рис. 3а. АКФ для ДНК. По сравнению с рис. 1 вид функции другой, произошло преобразование частоты колебания за счет бифункции в 1-м и 3-м пиках. Это также типичный высокоповторяемый вид колебания

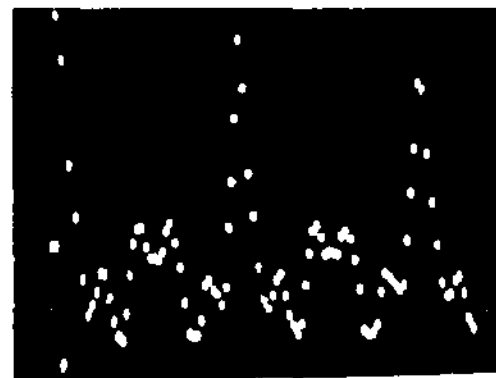


Рис. 3б. АКФ для коллагена. Такой вид колебания также характерен для коллагена, как и для ДНК

Смешанный изоморфизм типов А, Б

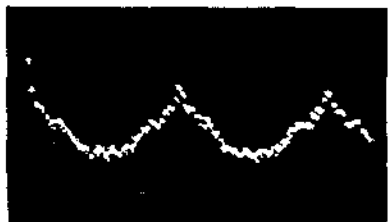


Рис. 4а. АКФ для ДНК. Другой вид функции по сравнению с рис. 1 и рис. 2.



Рис. 4б. АКФ для коллагена, изоморфная АКФ на рис. 4а, в, г



Рис. 4в. АКФ для того же препарата коллагена, зарегистрированная через 6 минут



Рис. 4г. АКФ для 50s субчастиц рибосом из *E. coli*.

3. ВКЛАД ЭНДОГЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В БИОМОРФОГЕНЕЗ. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

Выше была сформулирована гипотеза кодовой иерархии уровней организации хромосомной ДНК и протеогликаноколлагеновых сетей внеклеточных матриц высших биосистем животного происхождения. Основное в гипотезе заключается в том, что нелинейная динамика указанных биоструктур *in vivo* не случайна, взаимоскоррелирована, носит биознаковый характер и изоморфно взаимоотображает структурно-функциональные состояния каждой из обменивающихся сигналами структур. Между ними в эпигенетическом режиме происходит обмен информацией по физическим каналам нелинейных акустических и электромагнитных колебаний. Определенное подтверждение этим идеям в формально-математическом и экспериментальном планах было найдено в [65, 66]. В данной части работы выдвинутые положения развиваются по направлению анализа волновых состояний (полей) организма и понимания биологического смысла этого явления как основы полевой самоорганизации живых систем в процессе эмбриогенеза.

В организме животных и человека представлен широкий спектр вибраций, начиная от эластических сверхмедленных колебаний (натяжений) внеклеточно-матричных сетей, вовлекающих в этот процесс клеточные стенки, и кончая когерентными колебаниями цитоскелета, мембран, белков и ДНК. Сюда же примыкают, оставаясь несколько особняком, необычные колебательные процессы — автоволны и солитоны. Последние могут возникать в белках, ДНК, РНК, мембранах и структурированной на биополимерах воде [1—3].

Существенно, что одна из моделей такого необычного поведения биосистем — т. н. Давыдовские солитоны, описывающие возбуждение, делокализацию и движение электронов вдоль пептидных цепей белковых молекул в форме уединенных волн [71], дополняет известную модель Фрелиха [67—70] о возможности высокополяризованного (лазероподобного) состояния колеблющихся диполей макромолекул клетки, возникающих при Бозе-конденсации фононов электромагнитных колебаний белков (10^{12} – 10^{13} Гц), ДНК (10^9 Гц), мембран ($0,5 \cdot 10^{11}$ Гц) и цитоскелета ($0,1$ ГГц).

Тужински и др [4] доказали связь, взаимозависимость, взаимодополняемость этих двух казалось бы независимых теорий, в которых Рассматриваются две физические модели, объясняющие необычное поведение биологических систем. Модели предложены Гербертом Фрелихом и Александром Давыдовым. Давыдовский гамильтониан трансфор-

мирован в нормальные координаты, Фрелиховский гамильтониан канонически трансформирован в эквивалентную форму в рамках аппроксимации Хартри-Фока. Авторы полагают, что модель Гамильтониана способна связать обе теории. Итоговый анализ работает только на один тип вторичноквантованных операторов, которые описывают эффекты активных биполярных вибрационных мод в биологических клетках. Когда учтено явление Бозе-конденсации фононов, — вариации полевой трансляции подчиняются уравнению Шредингера. Благодаря использованию серий Фурье и канонических трансформаций — продемонстрирована связь между двумя сходными, но независимыми теориями Фрелиха и Давыдова. В границах используемых аппроксимаций обе модели математически эквивалентны, поскольку они дают идентичные эффективные гамильтонианы. Кроме того, обе модели дополняют друг друга физически. Бозе-конденсация вибрационных биомембранных мод соответствует распространению солитона волны поляризации. И наоборот: солитонный транспорт граничной энергии вдоль пептидной цепи сопровождается Бозе-конденсацией решеточных вибраций биоструктур.

Существование фундаментальных теорий Фрелиха и Давыдова позволяет расширить и углубить некоторые моменты в обсуждаемой идее кодовой иерархии. Эти теории позволяют более обоснованно предполагать наличие солитонных волн с эпигенетической нагрузкой, играющих посреднические функции в системе авторегуляторных отношений между такими информационными подсистемами как хромосомный континуум, цитоскелетный континуум, внеклеточно-матричный континуум. Надо полагать, что эндогенные поля организма Фрелиховско-Давыдовского типа автоматически модулируются структурой биосистемы и поэтому несут информацию о ее структурно-функциональном состоянии. Этому есть определенные экспериментальные подтверждения. Так, функционально важные агрегационные свойства эритроцитов находятся под контролем когерентных эндогенных полей этих клеток [61].

Наличие когерентных форм информационно-полевых взаимодействий в организме приводит к мысли об эндогенном автосканировании самих себя биосистемами с помощью лазероподобных процессов голографической направленности, о тотальном внутреннем безинерционном полевом автоконтроле метаболизма. Когерентность полей биосистемы неразрывна с их интерференцией и соответственно с голографированием, если есть модуляции опорных излучений и среда записи, в качестве которых могут выступать жидкокристаллические среды биосистемы, включая структурированную воду. Отметим, что идея голо-

графирования в организме на уровне памяти коры головного мозга высказана достаточно давно [72—77], затем обоснована теоретически и экспериментально доказана [5, 78].

Главным механизмом коркового голографирования является упругая волновая осцилляция (звук) мембран глиальных клеток в точном соответствии с частотами электроэнцефалограмм, определяемыми кросс-мембранными натрий-калиевыми потоками. Мембрано-глиальные вибраторы представляют собой несколько сотен резонаторов, лежащих в объеме коры мозга. Волны такого звука описываются уравнением Шредингера. Дифракция опорных шредингеровских волн на одиночных фиксированных корковых голограммах реконструирует предметные волны в форме нейронной активности, отображающей исходную картину формирования образа при его первичном возникновении (зрительное или акустическое восприятие, формирование мысли и т. д.).

Эндогенное голографирование в коре мозга не исключение; оно многообразно и реализуется на разных уровнях биосистемы в рамках принципов изоморфных отображений.

Спонтанная интерференция акустических полей в биосубстратах даже *in vitro* может рождать стоячую волну, основу голографирования. Кроме того, в тех же условиях было обнаружено их нелинейно-динамическое поведение солитонного типа [6, 7, 65, 66]. Особенно важно то, что биосредами проявления указанных свойств послужили основные геноинформационные структуры биосистем — ДНК, рибосомы и коллаген.

Теория квази-спонтанных нелинейно-динамических плотностных колебаний таких биосубстратов дана в работе [7] как система уравнений, формализующих эксперименты по динамическому лазерному светорассеянию на исследуемых биополимерах. Шесть из этих уравнений дают количественное описание флуктуаций показателя преломления при плотностных колебаниях биогелей и дают возможность точного описания внешних сил (механических, полевых), действующих естественным образом или искусственно на биогели.

Особенно можно отметить, что в работе [7] авторы не смогли ни качественно, ни количественно объяснить такие нелинейные эффекты как «хаотическое единство» различных мод колебаний биогелей и его вклад в величину временных автокорреляционных функций светорассеяния. Дело в том, что внешняя энергия, первоначально переданная биогелям в виде теплового движения и механических или иных воздействий, расходуется на локальное возбуждение полимерных сетей и начинает перераспределяться во всех направлениях через различные моды возбуждения. При этом не ясен сценарий перехода системы от

колебательного хаоса к упорядоченным волновым процессам. В следующих главах будет дана версия физико-математического формализма таких эффектов как солитонных процессов в рамках явления возврата Ферми-Паста-Улама.

Можно допустить, что общим свойством биогелей *in vitro*-*in vivo* окажется способность передавать вдоль составляющих их полимерных цепей гармонические или ангармонические колебания продольным акустическим мод. Такой энгармонизм для ДНК является выражением солитонных свойств и служит одновременно индикатором резонансного поглощения микроволн в диапазоне 1–12 Гц.

Так, Эдварде и др. продемонстрировали резонансное поглощение микроволновой энергии водными растворами, содержащими спиральную ДНК известной длины. Они объяснили эти резонансы с помощью теории, которая базируется на микроволновом возбуждении продольных акустических мод. Но вместе с тем они установили, что наблюдаемые времена релаксации удивительно велики (200–300 псек) и не объяснимы с классических Дебаевских позиций, а потому непонятно такое слабое затухание возбуждения в растворе. Это подтверждает, что акустическая волна может выступать как ангармоническое обеспечение солитонных эффектов и объяснять картину микроволнового поглощения и эффект увеличения времени жизни возмущения [8].

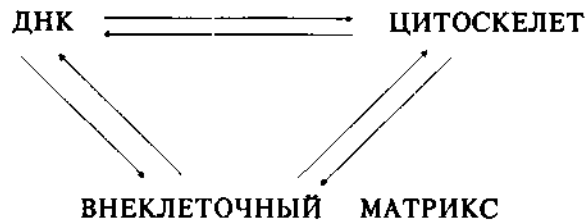
Такой энгармонизм для гелей ДНК, но в низкочастотной области (десятки Герц), а также аномально долгое затухание колебаний — нами обнаружены экспериментально [65, 66] (см. также экспер. часть). Эти данные ставят проблему объяснения тождественности поведения ДНК *in vitro* на разных уровнях ее организации — на уровнях одномерной цепочки и трехмерной структуры геля. И в том, и в другом случаях мы видим гармонические и ангармонические слабо затухающие колебания в Гигагерцовом и Герцовом диапазонах. Трактовка этого феномена может лежать в сфере понятий фрактальности пространственной организации ДНК. Эта полимерная молекула представляет из себя в растворах и гелях суперспирали разных порядков. Вероятно, фрактальность ДНК распространяется и на ее динамические свойства, на ее колебания в составе гелей в пространстве и времени. Именно поэтому мы наблюдали временную фрактальность ДНК в форме колебаний временных автокорреляционных функций ее светорассеяния (см. экспер. часть). Временная фрактальность обнаруживается в случае гармонических колебаний гелей ДНК в том, что синусоидальное колебание с фиксированным спектральным составом автокорреляционных функций светорассеяния реализуется в разных временных масштабах (временах дискретизации). То же свойственно и ангармоническим ко-

лебаниям. Преобразование частот колебаний мы видим в разных временных дискретах.

Здесь проявляются нелинейные свойства биополимеров, свойства, которые мало изучены, но чрезвычайно важны для волновой информационной самоорганизации биосистем, особенно для посреднических функций морфогенетических векторов, например, — на этапе ядерно-матричных отношений. Последние осуществляются с помощью цитоскелетных миофибрилл [1] и поэтому нелинейные свойства цитоскелета имеют высокую значимость. Такие особенности цитоскелетных компонент математически предсказаны для тубулина микротрубочек, способных самофокусировать Фрелиховские когерентные электрические вибрации, генерируемые клетками [9]. Эта самофокусировка может использоваться для формирования и функционирования микрофиламентного аппарата клетки. Таким образом, теория и некоторые эксперименты обнаруживают, что биополимерно-клеточно-тканевой уровни (в отношении волновых процессов) обладают и линейными свойствами (суперпозиция акустических колебаний в гелях биополимеров и Шредингеровских мозговых волн), и нелинейными (солитоны на ДНК, белках, мембранах; самофокусировка волн на цитоскелете). Эти свойства дополняют друг друга, находятся в тесном взаимодействии в пространстве-времени биосистемы и зависят, вероятно, от ранга метаболических событий, помноженных на внешнюю полевою обстановку.

Интересно, что эпителиальные клетки, для которых внешние взаимодействия первостепенны, могут передавать специфические акустические колебания соседним клеткам только в том случае, если они не повреждены [10]. Этот факт находится в хорошем соответствии с тем, что упорядоченные колебания биогелей, наблюдавшиеся в [6, 7, 65, 66], переходят в хаотические, если полимеры деградированы.

В части [1] высказано предположение, основанное на исследованиях [11, 12], что эндогенная или привнесенная извне локальная структурная нестабильность ДНК в хроматине (а она действительно может реализоваться аналогично [6, 7, 65, 66]) порождает систему взаимно коррелированных ответов на более низких структурно-динамических уровнях ДНК и соответствующих им полевых отображений с последующим их переносом на системы внеклеточных матриксов и Другие информационные эпигенетические структуры. Рассмотрим Фрагмент из этих многоуровневых эпигенетических отношений:



Эти отношения могут протекать в нелинейном режиме волновых информационных процессов (солитоны, голографирование, самофокусировка, обращение волнового фронта). Просматривается некоторая аналогия между акустическими колебаниями в каждом из участников данной системы и нелинейными эффектами в механических колебательных моделях Ферми-Паста-Улама и Забуски-Крускал, описываемых уравнением Кортевега де Фриза (КДФ) [13]. Для каждой из компонент рассматриваемых эпигенетических связей в рамках приведенной триады проявления нелинейности, как показано выше, теоретически и экспериментально обоснованы, но возможны ли солитонные и (или) голографические коммуникации между ними? Начальное возбуждение любой из компонент обсуждаемой триады порождает сложную иерархию колебательных мод, не сливающихся в общий беспорядочный хор, а приводит их к взаимодействию, взаимоперекачке энергии (и информации) между модами.

Как уже говорилось выше, запоминание жидкокристаллическими средами биосистем полевых сигналов, в том числе интерференционных, а следовательно и голографических, — вполне возможно. К примеру, большая часть всех получаемых в мире голограмм, записывается на желатине, которая является модификацией коллагена, а коллаген — основа внеклеточных матриц и соединительной ткани, составляющей 2/3 от всей массы высших биосистем. Это же подтверждается и в другом ключе, — в автоинтерференции акустических колебаний *in vitro* на биогелях [6, 7]. Такой подход к эпигенетической системе внеклеточных матриц дает возможность понять волновой уровень их морфогенетических функций, который выводит их трактовку фактически в другое измерение и отчуждается от чистовещественных объяснений, заводящих в тупик [14—17].

Ранее [1] уже говорилось, что упругие натяжения в эмбриональном материале, играющие роль факторов его самоорганизации по [17], и матрично-клеточные натяжения (фактически сверхмедленные акустические колебания), фигурирующие в качестве векторов морфогене-

за организмов [14, 16], в цитируемых работах выдаются как стратегические информационные структуры. В действительности же эти факторы являются мелкомасштабными, тактическими задачами морфогенеза, подчиненными стратегии волновой организации, диктуемой геномом. Эти сверхмедленные акустические колебания — часть подчиненных эпигенетических волновых процессов, входящих в иерархию эпигенеза, и которые гораздо сложнее по своим пространственно-временным характеристикам, чем представляется авторам [14—17]. Это следует из дуализма ядерной ДНК, РНК в составе полирибосом и матричных коллагенов, который отражает их свойство к бифуркации, т. е. способность работать на уровнях вещества и поля (см. главу по изоморфным отображениям). Эти информационные биополимеры обмениваются генетической и эпигенетической информацией по двум каналам: медленному химическому (тактика морфогенеза), — работа белоксинтезирующего аппарата, и быстрому физическому (стратегия морфогенеза), — волновое самоуправление организма с помощью эпигенотических волновых (полевых) взаимодействий на уровнях ядерных, цитоскелетных, матричных, клеточных, тканевых континуумов.

Морфогенез и целостность организма основаны в значительной степени на дальних нетьюринговских когерентных взаимодействиях, которые автоматически следуют из моделей Фрелиха-Давыдова. Если следовать их логике, то не будет преувеличением считать, что в биосистеме идет процесс тотального Гетероволнового автосканирования (ТГА), которое обеспечивает своего рода ткане-клеточно-внеклеточное «видение» самих себя в структуре акустических и электромагнитных полей, которые отображают биосистему, породившую их, вплоть до «видения» (осознания) высших мыслительных функций в форме человеческой речи.

Организованная голографическая ассоциативная память является главным элементом ТГА по типу оптических компьютеров с голографической памятью [18]. Эта идея развивает и конкретизирует высказанные ранее соображения о внеклеточно-матричной системе как аналоге нейронной сети [1], системе, обладающей «разумностью», сходной с таковой цитоплазмы. Функционирование цитоплазмы клеток некоторыми исследователями понимается сейчас с позиции, близкой нашим работам, а именно как квази-интеллектуальной машины, не уступающей в этом смысле геному [19].

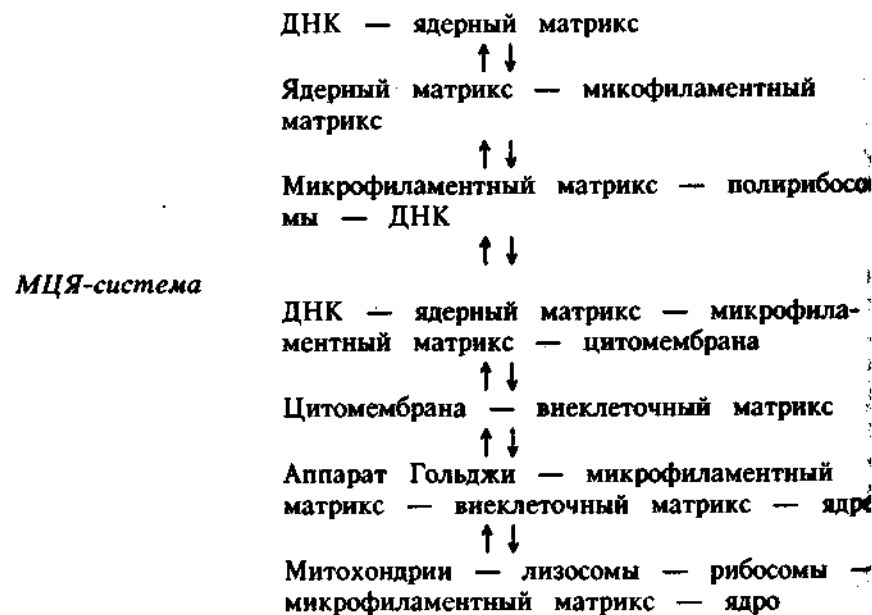
Функциональная совокупность матриц, цитоплазмы и клеточных ядер можно трактовать как один из уровней волновой информационной системы организмов (МЦЯ-система), способной к простейшим (до уровня коры головного мозга) и высшим (на уровне головного

мозга) мыслительным актам с использованием ассоциативной голографической памяти.

Таким образом, гипотеза кодовой иерархии в биосистемах естественным образом трансформируется в представление об обмене, своего рода «метаболизме», тотальной Гетероволновой информации, кодируемой в амплитудно-фазовых соотношениях, которые являются результатом модуляции эндогенных гетерополей на структуре организма.

При этом надо учитывать, что выделение МЦЯ — не только логическая операция, необходимая для адекватного анализа «волнового метаболизма», но и вполне осуществимое экспериментальное действие [20, 21]. Как отмечалось, матричную работу в организме нельзя понять в отрыве от функций мембран клеточных стенок, тем более, что предполагаемый обмен волновой информации в форме солитонов без участия мембран маловероятен, поскольку сами биомембраны могут быть носителями солитонов [3].

МЦЯ-система, в свою очередь, разделяется логически и экспериментально на подсистемы [45, 46], которые также отражают иерархию биополевых процессов по их значимости. Каждая подсистема формирует свой каталог волновых структур, с которыми она работает. Приближенно это можно представить следующим образом.



Выделенные уровни в достаточной степени условны, поскольку экспериментальных работ в таком направлении пока нет. Схема призвана пояснить предлагаемые логические конструкции. Тем не менее, такой ход мысли позволит в дальнейшем наполнить конкретным содержанием известную концепцию Дриша [22], что судьба каждой клетки в эмбрионе зависит от ее положения относительно всего развивающегося организма. Модификацией этой идеи является теория позиционной информации Вольперта [23], который также пытался объяснить цитодифференцировку, исходя из пространственного положения клетки в развивающемся или взрослом организме; положение клетки относительно других определяет спектр веществ-морфогенов, вырабатываемых данной клеткой и направляющих ее развитие и развитие соседних клеток в ту или иную ткань. Диффузия таких морфогенов между клетками математически описана Тьюрингом в виде теории диссипативных структур [24].

Однако, реальная диффузия каких бы то ни было клеточных веществ, кандидатов на морфогены (а что такое морфогены — до сих пор неясно (см. [1]), — мелкомасштабна, медленна, ограничена низкомолекулярными фракциями и поэтому неспособна объяснить быстрые, крупноразмерные миграции морфогенетических сигналов [14].

Понимание стратегических процессов морфогенеза как волнового самоуправления дают и другие гипотезы, предшествующие идее ТГА. Предполагается существование акустических сигналов в эмбрионах. Сигналы различаются по частоте и выполняют регуляторные функции [25]. Из экспериментальных работ в этой области интересны данные по обнаружению дальнедействующих сигналов-поляризаторов в глазу эмбриона лягушки без прямых клеточных контактов [26]. На эмбрионе лягушки было также доказано существование несущего морфогенетическую информацию быстрого сигнала, распространяющегося по всей компетентной ткани [27]. Приведенные волновые гипотезы и экспериментальные предшественники ТГА находятся, видимо, в прямой связи с хорошо известным фактом динамики поверхностных акустических волн в эмбрионах на стадиях раннего дробления [28].

В какой-то мере этот экспериментальный материал согласуется с представлениями о гипотетическом биологическом поле — организаторе морфогенеза, о едином электромагнитном континууме, управляющем клеточными перестройками [29—31], но конкретные механизмы биологического, генетического функционирования полей в этих работах не рассматриваются.

Некоторым исключением из этого ограничения видятся упоминавшиеся работы по структуре матрично-межклеточных упругих на-

тяжений, формирующих эмбрион [14—17]. Однако, за пределами этих работ осталось главное — геном. Эмбриологи практически не берут его в расчет, поскольку известный генетический код не содержит информации о пространственно-временной структуре биосистем. В следующих главах это будет рассмотрено специально. Вне поля зрения работ [14—17] и аналогичных исследований осталось и другое существенное обстоятельство, а именно превращение Внешнего по отношению к клеткам и тканям — механических натяжений — во Внутреннее, сущностное. И это Внутреннее — клеточный и тканевой метаболизм, функцией которого, собственно, и являются упругие натяжения; т. е. фактически, — сверхнизкочастотная эпигенотическая акустика. Заметим, что здесь, конечно, работает и обратная связь: рассматриваемая акустика влияет и на клеточно-тканевый метаболизм.

Идея ТГА более свободна от этих противоречий, рассматривая гетероволновые поля, проходящие во всех направлениях и по всей толще организма, поля, модулируемые биосистемой и собирающие информацию о ее состоянии. Это не следует понимать упрощенно, что каждая клетка «знает» о каждой «все» и в любой момент времени, но какое-то приближение к такому идеальному состоянию в здоровом организме имеется как интеграл вкладов нервной, гуморальной и полевой систем самооценки организма.

Довольно близко к идеям ТГА подошли в работах [32—34], но гено-голографический аспект в них отсутствует. Достоинство их в том, что четко продемонстрированы противоречия современной молекулярной биологии, генетики и эмбриологии, неспособность этих областей знания объяснить далекодействующие, быстрые морфогенетические сигналы, неспособность объяснить кодирование организма последовательностью нуклеотидов ДНК. Высказываются мысли близкие, но отличные от версии ТГА, и вводится понятие «гетероволновой оптики» в биосистемах, модифицированное в принципах ТГА как «гетероволновое автосканирование».

Теоретические проработки [32—34] согласуются с более ранними исследованиями [35—38], в которых сделана попытка найти новые принципы работы генома и объяснить один из главных парадоксов молекулярной биологии — т. н. «C-value paradox» [39], заключающийся в том, что отсутствует прямая корреляция между сложностью организма и содержанием ДНК в его клетках. Другая сторона этого парадокса — в огромной «избыточности» ДНК: только около 1% от всего объема генетического материала содержит белок-кодирующие последовательности нуклеотидов. Вся остальная масса генома занята т. н.

«мусорной» или «эгоистической» ДНК, которая воспроизводит самую себя, но функции которой не известны.

Все эти противоречия и парадоксы, по мнению авторов [32—34], решает концепция структурогенеза (морфогенеза), центральная фигура которой — гетерооптика волновых процессов организма, нацеленных на «избыточную» ДНК. Постулируемый структурогенез пространственных форм организма, коррелятом которого выступают структурогенные особенности высших пространственных укладок ДНК в хроматине клеточного ядра, определяется гипотетическими клеточными химическими автоволнами (полем). Эти автоволны должны иметь гиперзвуковые скорости, чтобы обеспечить электрострикционные сжатия ядерной оболочки, которая вследствие этого генерирует уже другие (акустические) поля — отсюда идея гетероволн. Акустические колебания фокусируются на участках хромосом, вызывая выпетливания строго определенных последовательностей ДНК как субстрата РНК-полимеразы. Фокусировка акустических полей на хроматин, т. е. его дифференциальная активация, производится изменением кривизны оболочки клеточного ядра, действующей как линза. Самосборка хроматина после завершения РНК-полимеразной реакции приводит к образованию палиндромных «шпилек» ДНК, которые модифицируют пространственную укладку нуклеопротеида в ядре. Поэтому в следующих актах фокусировки звука на хроматин экспонируются другие участки хромосом с активацией других генов.

Таким образом, с одной стороны, ядерно-мембранный звук несет какую-то информацию, поскольку в каждой клетке свой химико-автоволновой процесс, «записывающий» ее состояние, а затем перекодируемый в знаковое акустическое поле ядерной оболочки. С другой — меняющаяся раз от раза укладка ДНК подставляет под мембранный звук все новые гены. Эти два динамичных акта и дают основной вклад в структурогенную информацию.

Слабости таких теоретических построений очевидны. Фокусировка звука здесь зависит от кривизны ядерной оболочки, а сама эта кривизна определяется множеством факторов, которые не учитываются. Видимость решения проблемы морфогенеза достигается путем сведения одной трудности (дифференциальная активация генома) к другой (дифференциальное изменение кривизны оболочки клеточного ядра), также не решенной. Более того, по дифференциальной активации генов написано множество работ, начиная с основополагающей работы Жакоба и Моно [79], но ни одна из них не ответила на основной ВОПРОС генетики и эмбриологии: как закодировано пространство-время организмов хромосомах?

Тем не менее, в концепции структурогенеза есть очень сильная сторона, заключающаяся в самой постановке проблемы, постановке, выводящей принципы кодирования генома в иную плоскость, в идеологию волнового моделирования структуры организма и проецирования этой модели на геном каждой клетки. Пожалуй, вслед за А. Г. Гурвичем с его идеей биополя хромосом, воззрения А. Н. Барбараша в их постановочной части являются крупным событием.

Развивая идеологию волнового моделирования биосистемы, ТГА-гипотеза включает положительные моменты структурогенеза, но при этом не нуждается в гипотетических автоволнах и ядерной «линзе», т. к. учитывает реально существующие волновые процессы в тканях живых систем и фундаментальные законы их взаимодействия — интерференцию и дифракцию на голографических решетках с реконструкцией волновой структурно-функциональной модели организма. Такая динамичная полевая автомодель организма как самого себя, самоидентичность в каждый момент времени его жизни есть «самопознание», авторегуляция биосистемы.

Важной позицией является то, что ТГА-гипотеза не предполагает жесткой замкнутости эндогенного полевого континуума (модели организма) на себя. Это открытая система, информационно взаимодействующая с внешними по отношению к биосистеме электромагнитными и акустическими полями. Известные и развитые формы этого взаимодействия — зрение и слух. Менее известные (в смысле знания механизмов), но биологически значимые — точки акупунктуры (см. главу об этом). Экзогенные поля «усваиваются» организмом и входят в круговорот волнового информационного «метаболизма», что хорошо соответствует работе [56] и дополняет ее. Появляется теоретико-методологическая база для понимания информационной трансформации внешних, в том числе и космических, излучений во внутреннее, организменное. И это естественно, точно также как усвоение светового поля при фотосинтезе. Кроме того, имеются и экспериментальные свидетельства правильности предлагаемых рассуждений [63, 64].

При таком широком рассмотрении взаимодействия полей с биосистемой вполне естественен вопрос: нет ли принципиальных ограничений физической или иной природы, исключающих универсальность эндогенных голографических процессов и ограничивающих область их функционирования лишь корой головного мозга? В этом плане логично привести конкретные данные технического толка в качестве ответов на следующие возможные возражения. Когерентные колебания в живых клетках, по Фрелиху, происходят в особых, чрезвычайных энергетико-метаболических состояниях коллективных возбуждений ансамблей би-

осубстратных диполей; эти возбуждения не всегда достижимы и в силу этого для биоголографирования (помимо коры мозга) возникают количественные ограничения. Нельзя не помнить и о том, что биосистемы в микро и макромасштабах динамичны, статика их относительна, а голограммы способны отображать именно статику с помощью стационарных полей. Далее, способны ли субстраты Живого, кроме глиальных мембран коры мозга, запоминать структуру интерферограммы? И наконец, для восстановления голографического образа нужен опорный волновой фронт; всегда ли он возможен в биосистемах? И как сохранить сигнал удаленного от «наблюдателя» тканевого или клеточного объекта, если сигнал проходит через сильно рассеивающую поля толщу организма?

Сейчас точных ответов нет, биоголография только зарождается. Необходим предварительный анализ возможных путей решения этих проблем на основе опережающих аналогий технического плана.

Организму не обязательно решать голографические проблемы только с помощью когерентных полей. Интерферограммы могут возникать и в некогерентных, и в безопорных режимах записи и восстановления полей, а также накапливать полезные сигналы, проходящие через нестационарные рассеивающие среды [40—44]. Точное технико-голографическое понятие опорного и объектного полей для биосистемы, вероятно, не применимо. В чистом виде опорные поля в пространстве организма представить себе довольно трудно. Иное дело, — думать, что они возможны в относительно малых макропространственно-временных дискретах, что и будет дано в форме физико-математического формализма ниже.

Голографические принципы самоорганизации применительно к биосистемам позволяют объяснить в терминах нелинейной физики электромагнитных и акустических излучений некоторые фундаментальные явления клеточного метаболизма, которые до сих пор не понятны. Молекулярная биология и биофизика не располагает хотя бы приближенным знанием того как в пересеченном, нелинейном, динамичном, жидкокристаллическом пространстве клеток и тканей, наполненном электромагнитными и акустическими полями, происходит поразительно точное взаимознание между кодоном мРНК и антикодоном тРНК. Этим макромолекулам надо преодолеть огромные и трудные расстояния перед тем как встретиться на очень коротком для дальнего взаимознания ангстремном расстоянии водородных связей. Это общая неразрешенная проблема дальних координации макромолекулярных и надмолекулярных движений в пространстве клетки-ткани, где именно голографические и солитонные поля дают необходимую

«волновую матрицу» и парольные механизмы семантико-синтаксических взаимоотношений высокоорганизованных биосубстратов в пространстве-времени организма (подробнее об этом в эксп. части).

Еще одна фундаментальная особенность голографии, экстраполированная на биосистему, дает большую ясность в понимании волновых механизмов «самоанализа» биосистемы. Так, открытый Денисюком «принцип относительности в голографии» (доплеровская голография) выявил способность интерферограмм, записывающих движущиеся в трехмерном пространстве объекты, как бы предсказывать их пространственное положение в будущем. Если доплеровская голограмма формируется волной, отраженной от движущегося объекта, то обращенная такой голограммой волна, идя обратным ходом, фокусируется не на сам объект, а несколько впереди его. При этом существенно, что точка фокусировки обращенной волны является в этом случае именно той точкой, в которую переместится объект за время, пока обращенная волна распространится от голограммы до этого объекта [47]. Нет оснований считать, что принцип относительности в голографии не применим к биосистеме, если сама голография уже используется организмом в мозговой памяти [5, 78]. Он может являться элементом оценки динамики метаболических процессов и «слежения» за движущимися внутриклеточными структурами и за крупномасштабной динамикой морфогенетических тканевых перестроек. Доплеровская система эндогенного «контроля» дает способ элементарной прекогниции метаболических событий. С этим переключается другое, (близкое описываемым) свойство голограмм. Доказано, что с голограмм возможно считывание сигнальных импульсов с обращенной временной и пространственной структурой [48]. В этой работе продемонстрировано, что порфириновые компоненты таких важнейших биомолекул как гемоглобин и хлорофилл в полистирольной матрице могут голографически записывать разнесенные во времени лазерные импульсы. При считывании воспроизводится как относительная задержка, так и временная форма записанного сигнала.

Таким образом, в принципиальном плане можно представить уже не только внутреннее динамическое пространственное «самоотслеживание» биосистемой самой себя, но и аналогичный контроль за структурой собственного времени с анализом коротких временных отрезков, направленных как в прошлое, так и в «будущее».

Работа [48] примечательна не только потому, что затрагивает временные стороны голографирования, но и как пример, что средой памяти такого рода могут служить ключевые биомолекулы живых систем. И это не случайно. Фотосинтез (хлорофилл) и дыхание (гемог-

лобин) — первоистоки Жизни на земле, а структура времени для биосистем так же важна для них, как структура собственного пространства, и контроль за ними мог осуществлять фундаментальный волновой принцип интерференции и дифракции.

Порфирины — не единственный бионоситель голографической памяти. Аналогично работает сложный фоточувствительный белок микробных клеток бактериородопсин [49].

Следующим важнейшим бионосителем голографической информации является производное коллагена — желатина. Этот субстрат с 1968 года стал классическим объектом для изучения механизмов формирования амплитудных и амплитудно-фазовых голографических решеток в различных диапазонах электромагнитных полей [50]. Использование производных коллагена подтверждает обсуждавшуюся выше мысль о том, что система внеклеточных матриц, структурно-функциональной основой которых является коллаген, работает с использованием собственной памяти на интерферирующие поля и (или) способны к синтезу эпигенознаковых дифракционных решеток типа голограмм без участия интерферирующих полей.

Не исключено, что в клетках и тканях используется тепловой диапазон эндогенных полей для автосканирования и записи. В этом смысле интересна работа [51], в которой для записи на желатине использовали инфракрасный CO₂ лазер (длина волны 10,6 мкм), который вызывает в ней локальные необратимые конформационные переходы типа спираль-клубок, связанные со структурными состояниями гидратационной воды. Возможно, это некое приближение к тому, что происходит в биосистеме и как-то коррелирует с упоминавшимися работами [6, 7], в которых обнаружено, что гели коллагена обладают способностью к аномально долгому затуханию собственных макроконформационных колебаний, что нами подтверждено и развито в теоретическом плане (см. ниже). Это связано, повидимому, с солитонобразованием в форме явления возврата Ферми-Паста-Улама и характерно для других информационных биополимеров. Свойство малой затухаемости колебаний коллагена находит довольно неожиданное подтверждение в работе [52]. Авторы ее зафиксировали необъясненное ими явление генерации переменных электрических волн костной тканью даже тогда, когда она взята у мертвого животного спустя много часов после смерти. Заманчиво объяснить этот феномен колебаниями коллагеновых фибрилл в составе костной ткани и генерацией ими полей за счет своих электретных свойств, известных для коллагена [30]. Если это правильно, получает объяснение еще один необычный факт [14]. Если пленки-подложки из коллагена, используемые как искусствен-

ный внеклеточный матрикс при выращивании на них культуры фибробластов, укалывать иглой, то после этого начинаются упорядоченные движения фибробластов. Они собираются в четкие ритмические паттерны, причины возникновения которых авторам [14] не ясны. И здесь можно проследить явление того же порядка, что и в случае генерирующей поля изолированной костной ткани. В обоих случаях имеют место квази-спонтанные колебания гелей коллагена, порождающие акустические и электрические поля, которые дополнительно возбуждаются уколом во втором случае. Система коллаген-фибробласты представляется элементарной моделью матрично-клеточных морфогенетических отношений, обсуждаемых в [1], когда запускаются механизмы клеточно-тканевых движений по программам динамической системы «клетки — внеклеточный матрикс» с жидкокристаллическими компонентами, способными помнить голографические решетки [53].

Теоретически — информационная емкость таких решеток даже в двумерном варианте при записи электромагнитных колебаний огромна, т. к. они несут восьмерную информацию [54].

Объем голографической памяти в биосистеме (помимо мозга) может быть еще большим за счет записи в трех мерной жидкокристаллической среде т. н. мультиплексных голограмм [55], когда меняются отношения интенсивности опорного и объектного пучков и меняются углы между ними, что естественно предположить в мобильной среде организма.

Расшифровка механизмов быстрой и безинерционной передачи больших массивов волновой информации в биосистеме позволяет по-иному взглянуть на проблемы онкологии. Приведенная выше концепция структурогенеза [32—34] трактует неоплазии как следствие расхождения между пространственной структурой генома и гипотетическим гиперзвуковым автоволновым полем организма, подменяя им совокупность реальных эндогенных полей. Но в этой мысли есть положительный момент: отмечено возможное нарушение связей в системе «эндогенные поля — геном».

Действительно, трудно иначе объяснить известные эксперименты [57, 58] по индукции опухоли имплантированными в ткань шлифованными (отражающими волны) инородными материалами. Шероховатые инородные предметы вызывают опухоли в 12% случаев по сравнению с 49% зеркальных того же состава [59]. При этом переродившиеся клетки, дающие клоны опухолевых, возникают в соединительнотканной капсуле, окружающей инородное тело, или редко — за пределами капсулы, но они никогда не обнаруживаются в монослое клеток, лежащих непосредственно на инородном теле [57, 58]. Основыва-

ясь на идеях структурогенеза, в работе [32] полагают, что индуцированные неоплазии происходят в пучностях стоячих волн, возникающих при отражении гипотетического волнового поля.

Данная картина будет более убедительной, если заменить предполагаемое автоволновое поле реально существующими в организме, для которых отражающие их инородные тела являются шумовыми помехами в передаче волновой информации по голографическим и солитонным механизмам.

В качестве относительно простого живого клеточного объекта, на котором можно было бы проводить исследования по механизмам эндогенной голографии, могли бы послужить эритроциты и их мембранные тени. Они уже используются как простейшие биосистемы, в которых обнаружены Фрелиховские когерентные осцилляции по резонансному поглощению микроволн в районе 35—40 ГГц [60] и сверхдальние когерентные взаимодействия при агрегации [61].

Если говорить о работах в этом ключе с информационными биополимерами *in vitro*, то это прежде всего ДНК. Уже получены первые результаты по индуцированным на ДНК солитонным состояниям с помощью микроволн [62], включая наши результаты относительно нелинейной динамики этого ключевого биополимера [65, 66] (см. эксп. часть).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гл. 1 и 2 настоящей книги.
2. Бульенков Н. А., *Биофизика*, 1991, т. 36, вып. 2, с. 181-243.
3. Иоффе И. В., *Журн. техн. физ.*, 1985, т. 55, №9, с. 1840-1842.
4. Tuzinsky J. A., Paul R., Chatterjee R., Sreenivasn S. R., *Physical Review A: General Physics*, 1984, v. 30, N 5, p. 2666-2675.
5. Nobili R., *Phys. Rev. A: Gen. Phys.*, 1985, v. 32, N 6, p. 3618-3626.
6. Brenner S. L., Gelman R. A., Noosal R., *Macromolecules*, 1978, v. 11, N 1, p. 202-207.
7. Noosal R., Brenner S. L., *Macromolecules*, 1978, v. 11, N 1, p. 207-212.
8. Scott A. C., Jensen J. H., *Phys. Lett.*, 1985, v. 109A, N 5, p. 243-245.
9. Del Giudice E., Doglia S., Milani M., *Phys. Lett.*, 1982, v. 90A, N 1-2, p. 104-106.
10. Hadspeh A. J., *Exp. Cell. Res.*, 1982, v. 130, p. 331-342.
11. Вологодский А. В., *Мол. биол.*, 1985, 19, № 5, с. 687-692.
12. Sungchal Ji., *J. Theor. Biol.*, 1985, v. 116, № 3, p. 399-426.
13. Филиппов А. Т., *Многоликий солитон*, 1990, М., Наука., с. 186-190.
14. Harris A. K., Siopak D., Wagner P., *J. Embriol. and Exp. Morphol.*, 1984, v. 80, p. 1-20.
15. Bissel M. J., Glenn H. H., Parry G., *J. Theor. Biol.*, 1982, v. 99, p. 31-68.
16. Oster G. F., Murray J. D., Harris A. K., *J. Embriol. and Exp. Morphol.*, 1983.
17. Белоусов Л. В., *Биологический морфогенез*, 1987, М., МГУ.
18. Hiroshi Mada, *Appl. Opt.*, 1985, v. 24, N 14, p. 2063-2066.
19. Albrecht-Buehler G., *Cell and Muscle Motil.*, 1985, v. 6, N-Y, Lond., p. 1-21.

20. Burdges D. R., *J. Cell. Biol.*, 1982, v. 95, N 2, pt 2, p. 315-320.
21. Hurokawa N., Keller T. S. C., Chasan R., Mooseker M. S., *J. Cell. Biol.*, 1983, v. 9, p. 1325-1336.
22. Driesh H., *Z. Wiss. Zool.*, 1891, v. 53, p. 160-178.
23. Wolpert L., *Curr. Top. Devel. Biol.*, 1971, v. 6, p. 183-224, Ac. Press, N-Y and Lon (eds. Moscona A., Monroy A.).
24. Turing A. M., *Phil. Trans. R. Soc. (B)*, 1952, v. 237, p. 37-72.
25. Goodwin B., *Brit. Soc. exp. Biol. Symp.*, 1971, v. 25, p. 417-428, (eds. Davies D. Balls M.). Cambridge Univ. Press.
26. Sullivan K., Conway K. M., Hunt R. K., *Cell Differ.*, 1984, v. 14, N 1, p. 33-45.
27. Cooke J., *J. Embriol. Exp. Morphol.*, 1983, v. 76, p. 95-114.
28. Hara K. W., *Roux'Archiv. Entw. Mech. Org.*, 1971, v. 167, p. 183-186.
29. Гураич А. Г., Избр. тр., 1977, М., Медицина., 351с.
30. Кулин Е. Т., Биоэлектрический эффект., 1980, Наука и Техн., Минск.
31. Казначеев В. П., Михайлова Л. П., Биоинформ.функ.естеств. электромагн.лей., Новосибирск., 1985., Наука.
32. Барбараш А. Н., Гипотеза о мех-ме активирования генов эукариот в связи с кэцереогенезом., 1983, Препр. Одесс. Унив., 23с.
33. Артюшин Л. Ф., Барбараш А. Н., Гетероволновая оптика и особенности изборожения при волновом управлении генами эукариот., 1984, Препр. Всесоюз. Науч.-Ист Кинофотонист., 35с.
34. Барбараш А. Н., Тезисы о гетероволновой оптической системе управления генами эукариот (тезисы о концепции структурогенеза). 1985, Препр. Одесс. Универ.
35. Мосолов А. Н., Генетика, 1968, т. 9, № 12, с. 135-145.
36. Мосолов А. Н., в сб. Усп.совр. генетики, 1980, вып. 9, М., Наука., с. 184-202.
37. Андреев С. Г., Снитковский Д. М., ДАН СССР, 1983, т. 268, № 6, с. 1500-1504.
38. Загускин С. Л., Никитенко А. А., Овчинников Ю.А., Прохоров А. М., Саариский В. В., Дегтярева В. П., Платонов В. Н., ДАН СССР, 1984, т. 277, № 6, с. 1468-1474.
39. Sharma A. K., *Proc. Indian. Nat. Sci. Acad.*, 1984, v. 50, N 1, p. 1-9.
40. Бакут П. А., Зимин Ю. А., Волпов А. Л., Опт.и спектроск., 1985, т. 59, N с. 701-702.
41. Мохунь И. И., Росляков С. Н., Ж.прикл.спектроск., 1985, т. XLII, вып. 1, с. 111-117.
42. Зубов В. А., Крайский А. В., Кузнецова Т. И., Письма в ЖЭТФ, 1971, т. 1, № 8, с. 443-446.
43. Синченко В. Г., Опт.и спектроск., 1985, т. 59, № 2, с. 391-397.
44. Мазуренко Ю.Т., Опт.и спектроск., 1984, 57, № 4, с. 569-571.
45. Bard F., Bourgeois C. A., Costagliola D., Boulette M., *Bio. Cell*, 1985, v. 54, N p. 135-142.
46. Johnson K. E., Adellmann M. R., *J. Cell Sci.*, 1984, v. 68, p. 69-82.
47. Денисюк Ю.Н., в кн. Оптич. голография с записью в 3-х мерных средах., 1984, Наука., Ленинград.
48. Саари П. М., Ребане А. К., Каарли Р. К., в кн. Оптич. голография с записью в 3-х мерных средах., 1986, Наука, Ленинград.
49. Всеволодов Н. М., Полторацкий В. А., Ж. тех. физ., 1985, т. 55, № 10, с. 2094-2094.
50. Shankoff T. A., *Appl. Opt.*, 1968, v. 7, p. 2102.
51. Пешко И. И., Хижняк А. И., Укр. Физ. Ж., 1984, т. 29, № 9, с. 1316-1321.
52. Бутуханов В. В., Ипполитова Е. Г., 1982, Биофизика, 27, № 1, 150-153.
53. Обдулов С. Г., Резников Ю.А., Соскин М. С., Хижняк А. И., ДАН СССР, 1984, т. 263, № 3, с. 598-601.
54. Карасев М. В., Маслов В. П., ДАН СССР, 1985, т. 285, № 5, с. 1055-1058.

55. Armstrong M., Hesselink L., Goodman J. W., *Appl. Opt.*, 1985, v. 24, 24, p. 4467-4472.
56. Десятков Н. Д., Голант М. Б., Татер А. С., Биофизика, 1983, т. 28, № 5, с. 895-896.
57. Мойжес Т. Г., Пригожина Е. Л., Биол.эксп.биол.и мед., 1973, т. 9, с. 92-94.
58. Мойжес Т. Г., в кн. Явление индук.и диффер.при опух. росте., 1981, М., Наука., с. 70-105.
59. Bates R. R., Klein M., *J. Nat. Cancer Inst.*, 1966, v. 37, p. 145-151.
60. Bliłowska K. J., Lech W., Wittlin A., *Phys. Lett.*, 1985, v. 109A, N 3, p. 124-126.
61. Rowlands S., *J. Statist. Phys.*, 1985, v. 39, N 5-6, p. 543-549.
62. Edwards G. S., Davis C. C., Saffen J. D., Swicord M. L., *Phys. Rev. Lett.*, 1984, v. 53, N 13, p. 1284-1287.
63. Каневский В. А., Сытчик К. М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Мельников Д. И., Далева А. Г., Бусель Б. И., Молдаван М. Г., Головушкин М. И., ДАН СССР, 1985, т. 282, № 2, с. 291-294.
64. Казначеев В. П., Иванова М. П., Михайлова Л. П., Зайцев Ю.И., Биол.СО АМН СССР, 1986, № 3, с. 12-16.
65. Гарьев П. П., Васильев А. А., Григорьев К. В., Попович В. П., Щеглов В. А., Крат. сообщ.по физ.ФИАН, 1992, № 11-12, с. 63-69.
66. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov G. G., Berezin A. A., Vasiliev A. A., *Proc. SPIE*, 1991, v. 1621, p. 280-291.
67. Frolich H., *Phys. Lett.*, 1968, v. 26A, p. 402.
68. Frolich H., *Phys. Lett.*, 1972, v. 29A, p. 153-154.
69. Frolich H., *Proc. Nat. Acad. Sci. USA*, 1975, v. 72, p. 4211-4215.
70. Frolich H., *Neurosci. Res. Programm. Bull.*, 1977, v. 15, p. 67-72.
71. Давыдов А. С., Солитоны в молекулярных системах., 1984, Киев., Наук. думка.
72. Gabor D., *Nature*, 1968, v. 217a, p. 548.
73. Gabor D., *Nature*, 1968, v. 217b, p. 1288.
74. Gabor D., *IBM J. Res. Dev.*, 1969, v. 13, p. 2.
75. Pribram K. H., *Sci. Amer.*, 1969, v. 20, p. 1.
76. Gregus P., *Nature*, 1968, v. 219, p. 482.
77. Либерман Е. А., Минина С. В., Шкловский-Корди Н. Е., Биофизика, 1986, т. 31, в. 2, с. 298-303.
78. Nobili R., *Phys. Rev. A*, 1987, v. 15, p. 1901-1922.
79. Jacob F., Monod J., *J. Mol. Biol.*, 1961, v. 3, p. 318-356.

4. ВКЛАД ЭНДОГЕННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В БИОМОРФОГЕНЕЗ. КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ

За последние десятилетия в биологии получены результаты, которые не находят разумного объяснения. Устоявшиеся положения подвергаются сомнению, обнаруживаются явления, которые никак не вписываются в рамки привычных представлений.

Считалось, что геном — это наиболее стабильная структура организма, устойчивая именно потому, что обеспечивает наследование признаков родителей у потомства. Оказалось, что эта стабильность удивительным образом сочетана с непостоянством [41]. Геном подвижен на всех уровнях, начиная от определенных последовательностей ДНК (мобильные диспергированные гены и другие динамичные участки полинуклеотида), вторичной структуры ДНК (взаимопереходы А-, В-, Z-, V-» U-форм), а также предрасплетенная ее форма [5], кончая высшими жидкокристаллическими и другими лабильными топологиями ДНК в составе хромосом [58, 63]. Упразднена догма необратимого считывания информации ДНК=>РНК->БЕЛОК: транскрипция идет не только с ДНК на РНК, но и в обратном направлении. Поколебалась и другая истина — не только белки являются ферментами, но и РНК (автокатализ рибозимов). Не существует убедительного объяснения тому факту, что большая часть ДНК в геноме высших биосистем (до 95—98%) не содержит генов и является как бы «эгоистической», т.е. воспроизводящей самою себя, но не играющей какой-то другой роли. По крайней мере, сейчас нет определенных данных о точной роли эгоистической» ДНК [44].

Серию этих неудобных фактов завершают данные о хромосомной ДНК как о биолазере с перестраиваемыми длинами волн излучаемых полей (300—800 нм) [59], что подтверждает активно оспариваемые теоретические положения о когерентных состояниях в биосистемах [54] и скептически оцениваемые ранее представления о полях — организаторах эмбриогенеза [17]. Это один ряд явлений, как бы не связанных между собой и не поддающихся осмыслению с позиции какой-то целостной концепции.

Построим второй ряд экспериментальных фактов и теоретических исследований, который на поверхностный взгляд плохо сопоставляется с первым. Это прежде всего не нашедшие до сих пор какой-либо трактовки эксперименты по так называемому «фантомному листовому эффекту» [50]. Он проявляется в том, что живой лист, если от него отрезать часть, в определенных электрических полях генерирует види-

мое глазом и фиксируемое фото пленкой фантомное изображение — точную копию отрезанной части. Затем, сюда же относится теоретическая работа [66], в которой математическим методом артефакта доказывается, что генетический немитохондриальный код эукариот обладает мощными групповыми симметриями, указывающими на несвойственную геному искусственную (экзобиологическую) интеллектуальную семантическую нагрузку. В теоретической работе [5] по структурированной воде в биосистемах и ее фрактальному росту показано, что льдоподобная «вода», взаимодействующая с биополимерами типа ДНК, РНК, коллагена, фосфолипидов, образует непрерывные структуры, которые по топологии, метрике и симметрии полностью тождественны этим полимерам. Например, «вода» в виде деспирационных модулей («модуль Бульenkова») по определенным алгоритмам может выстраиваться в спиральные ленты — точные копии А-, В-, Z-, С-форм ДНК и в дополнительную, ранее неизвестную, предрасплетенную форму ДНК. Такие водные копии ДНК и мРНК также способны к фрактальному росту, т.е. к повторению самих себя во все увеличивающихся масштабах. Ниже мы покажем высокую потенциальную важность такой фрактальности для самоорганизации биосистемы.

Имеется ли какая-либо функциональная связь между первым и вторым рядами описываемых явлений применительно к высшим биосистемам?

В очень малой степени мы уже пытались ответить на этот вопрос [12, 13]. В настоящей работе эти идеи развиваются в части солитонно-голографической парадигмы, которая в какой-то степени сводит два ряда перечисленных явлений в единую взаимосогласованную систему путем решения главного противоречия биологии. Это противоречие, о теоретической трудности которого писали с конца прошлого века [см. обзор 14], заключается в несопоставимости «начала» и «конца», т.е. Гена и Признака, по крайней мере, — для высших биосистем. Тривиальное утверждение, что хромосомы содержат информацию о потенциальном организме, за внешней легкостью объяснения прячет нерешенные и большие проблемы. Рассуждая так, обычно имеют в виду, что генетический нуклеотидный код хромосомной ДНК содержит «всю» информацию о будущем организме, развивающемся из яйцеклетки по исчерпывающей программе этого и только этого кода. Здесь незаметно отрицается очевидное, что значащие последовательности нуклеотидов ДНК (гены) явно кодируют только последовательности аминокислот в белках. Регуляторные последовательности, которые тоже называют генами, лишь аранжируют работу генетического кода. Можно ли на этом основании считать, что в последовательности нук-

леотидов нет информации о макроструктуре многоклеточного организма?

Однозначное «нет» было бы ошибкой, хотя бы потому, что кодируемые генами последовательности аминокислот автоматически сворачиваются (самоорганизуются) в трехмерные белковые структуры за счет гидрофобных и других взаимодействий пептидных цепей. Следовательно, в неявном виде информация о пространственной структуре белков в генетическом коде имеется. Неявная информация генов распространяется и дальше: белки, как известно, могут самособираться уже в субклеточные структуры (микротрубочки, цитоскелет и др.), а при взаимодействии с полинуклеотидами — в рибосомы, полисомы, хромосомы; при взаимодействии с липидами — в мембраны, эндоплазматический ретикулум. И, наконец, самособираются даже вирусы и бактериофаги. Так может быть, такой неявной или параметрической [2] информации последовательностей ДНК достаточно, чтобы объяснить макроструктуру высших биосистем?

Нет, недостаточно. Есть предел, за которым параметрические микроморфогенезы не работают. Такая самоорганизация никогда не приводит к сборке хотя бы единичных клеток, тем более многоклеточных организмов.

Макроструктура высших биосистем предполагает некий скачок в кодирующих способностях генома от одномерных линейных генов к многомерным и нелинейным супергенам и тем самым выход из плоского мышления формальной генетики. Неприятие этого перехода — скачка — порождало и порождает кризисное состояние генетики, эмбриологии и биологии в целом как типичное следствие редуccionистского мышления, когда Целый организм сводится к его Частям — генам. Но совокупность генов способна породить только совокупность белков, в лучшем случае, конгломерат клеточных субструктур и вирусов, которые отнюдь не являются целостными организмами.

Вместе с тем, давно доказано, что первичная информация о построении многоклеточного организма (как целого) существует и она находится не где-нибудь, а в хромосомах. Складывается порочный круп хромосомы кодируют структуру организма, но известный генетический код всю структуру биосистемы не отображает. Положение еще более осложняется хорошо известными в генетике фактами, казалось бы, противоположного свойства, когда мутация по какому-то единичному гену, например *tuh-3* *D. melanogaster* в присутствии аллельных генов *tuh-1ⁿ* или *tuh-1^s* вызывает превращение антенны на голове мухи в ногу, глаза в антенну, а также замещение антенны генитальными структурами [57].

Из этих данных, вроде бы, прямо следует, что ген *tuh-3* определяет морфогенез сложных и массивных частей тела насекомого. Как это осуществляет *tuh-3* и что он из себя представляет, как «свертка пространства организма», — совершенно неясно. Очевидно другое: какому-то фрагменту хромосомы *D. melanogaster* присваивают звание гена, ответственного за данные морфогенезы, но из цитируемой работы и аналогичных исследований никак не следует, что семантика слова «ген» ясна, и что генетический код описываемых морфогенезов одномерен и линейен.

Где выход из этих противоречий?

В работе [17] выражена мысль о том, что нагрузка на гены (как векторы морфогенеза) слишком велика, и предложена компенсирующая идея полевых (или биополевых) функций хромосом. Несмотря на свою умозрительность, предлагаемая модель позволила стратегически правильно ориентировать экспериментальную работу.

Если принять идею хромосомного поля-организатора эмбрионального морфогенеза, то, опираясь на нее, мы должны «*пытаться применить дуалистическую схему*», а это означает, что мы а priori допускаем кодирование пространства-времени организма на уровнях Вещества и Поля. По-видимому, такой подход позволяет найти выход из порочного круга общепринятых в настоящее время чисто вещественных генетических свойств ДНК. Но каким образом ДНК, будучи веществом, может экспрессировать наследуемые признаки, скажем — геометрического характера, с помощью поля? Например, как в этом смысле наследуются форма и размеры листьев различных видов растений? Поставив вопрос так конкретно, мы вплотную подошли к супергенетической, полевой трактовке упоминавшихся выше экспериментов по «фантомному листовому эффекту» — ключевому факту в обосновании голографической памяти хромосом и всех последующих взаимосогласованных объяснений парадоксов и непонятных явлений в биосистемах. Однако, прежде чем развивать теорию фантомного эффекта, мы проделали экспериментальную работу [13], в которой убедились, что такой эффект действительно существует, и его можно воспроизводить как в искусственных электрических высоковольтных, высокочастотных полях, так и в естественных полях сверхслабого излучения растений.

Нам представляется, что объяснить фантомообразование у растений, а также у людей (так называемые фантомные боли утраченных конечностей), без привлечения принципов голографии, по-видимому, невозможно. Но если голографическая память коры головного мозга интенсивно изучается [60, 61], то фантомная память у растений, ко-

торая тоже является по сути ассоциативно-голографической, нуждается в объяснении. Найденный физико-математический формализм полевого восстановления образа утраченной части зеленого листа будет дан ниже в рамках понятий 4-волнового смещения и явления возврата Ферми-Паста-Улама. Здесь же мы проведем теоретико-биологический анализ ассоциативно-голографической памяти генома многоклеточных, которая обеспечивает строительство пространства-времени развивающейся биосистемы.

В случае фантомного эффекта у растений, оставшаяся большая часть листовой пластинки «помнит» утраченную часть и восстанавливает ее при определенных условиях в форме полевого фантома. Внешнее сходство этого явления с памятью голограмм, известных в техническом исполнении, очевидно: любая часть голограммы, но не меньшая чем длины волн записывающих полей, способна восстановить полный полевой эквивалент зафиксированного на ней изображения объекта. Однако, полностью отождествить лист растения и голограмму было бы неверно хотя бы потому, что субстрат записи в биосистеме, а это хромосомы, уникален, неповторим, динамичен. Этот момент кодирования пространственно-временной динамики развивающейся или относительно стабильной биосистемы особенно труден для анализа.

Первичным субстратом голографического кода потенциального организма обязаны быть именно хромосомы, в том числе и в случае фантомообразования у растений, поскольку листовые фантомы отображают жестко наследуемую часть пространства организма — форму листа. Это — информация высокой ценности; и первичный источник ее — совокупный хромосомный материал оставшейся неповрежденной части листовой пластинки. В данной ситуации фантом играет роль пространственной схемы потенциальной (но не обязательной) регенерации поврежденного листа до целого, т. е. это план постэмбрионального морфогенеза. Вероятно, аналогичные полевые схемы регенерации образуются при восстановлении утраченных частей тела и у таких животных, как ящерицы (хвост), крабы (клешни), тритоны (лапки), планарии (любые достаточно большие фрагменты тела), а также у человека (печень). Во всех приведенных примерах виден дуализм генетического материала: наследственные свойства проявляются двуедино: и на уровне Вещества (генетический, линейный одномерный код ДНК), и на уровне Вещества-Поля одновременно (хромосомы как носители голографических решеток, — многомерных нелинейных суперкодов). Голографические коды могут быть дешифрованы (считаны) как внутренними когерентными и некогерентными полями, источниками которых выступают опять-таки хромосомы [59], так и внешними по отно-

шению к биосистеме излучениями. Фантомы утраченных частей зеленых листьев в таком случае считаются с хромосомного континуума оставшихся частей листьев.

Примем, что такая трактовка фантомов верна, тогда получают разумное объяснение непонятные явления в биосистемах, явления, о которых говорилось выше. Прежде всего, с новых позиций воспринимается информационный путь (Ген -> Признак) развивающейся биосистемы. Это обеспечивается простым допущением: гены, мобильные последовательности ДНК, а также «эгоистическая» ДНК есть составная часть многомерных голографических супергенов как ключевых составляющих хромосомного континуума многоклеточных эукариот. Большие блоки организмов, такие как утраченные части листьев растений или антенны, ноги, глаза насекомых, могут регенерировать у взрослого организма или развиваться из эмбриона в пределах полевых программ фантомной голографической памяти хромосомного континуума, являющегося, по сути, голографическим компьютером. Складывается впечатление, что голографический суперген (или их совокупность) содержат явную информацию в форме зашифрованного прообраза макропространственных (и временных тоже) структур высших биосистем. Самые общие принципы функционирования хромосомного голографического биокомпьютера (ХГБ) могут быть представлены следующим образом.

1. ХГБ начинает функционировать при достижении некоторой «критической массы» первоначально недифференцированной ткани, вырастающей из любой клетки (в т. ч. яйцеклетки) во взрослый организм. Это утверждение базируется на экспериментах по культурам тканей и репродуктивной регенерации растений [35].

2. ХГБ функционирует в режимах: а) генерации полевых векторов морфогенеза; б) опознания (сравнения) синтезированных биосистемой морфоструктур с их голографическими фурье-прообразами; в) принятия решений о генерации тех или иных полевых структур; г) принятия решения о дифференциальной активации генома на уровне синтеза про-мРНК, связанного с опознанием (режим б).

3. Регуляция ХГБ осуществляется системой обратных связей, замыкающихся на модификаторах, репрессорах и депрессорах голографических решеток. В качестве модификаторов, репрессоров и депрессоров могут выступать топоизомеразы, мобильные диспергированные гены и другие подвижные элементы генома, А-, В-, С-, Z- и др. мобильные формы вторичной структуры ДНК.

Как известно [10], локальные пререстройки первичной структуры ДНК сопровождаются взаимокоррелированными конформационными

модификациями на более высоких уровнях организации этого биополимера. Аналогичные изменения в архитектонику хромосом вносят также топоизомеразы [23]. Перечисленные динамичные состояния не могут не отразиться на структуре голографических решеток как составной части хромосом и, следовательно, волновые фронты, образованные такими переменными решетками, могут нести супергено-биоинформацию или, наоборот, генерировать шум. То же самое относится и к взаимопереходам на уровне вторичной структуры ДНК типа *A, B, Z, V*, которые могут быть вызваны, например, изменениями в катионном составе карิโอплазмы.

4. Хромосомный континуум, как основной структурно-функциональный субстрат ХГБ, должен удерживать в единстве две взаимопротиворечивые тенденции. С одной стороны, он должен образовывать некие наборы статических голограмм (в общем случае — дифракционных решеток), кодирующих те или иные финальные морфоструктуры организма. С другой стороны, развивающаяся биосистема должна быть адекватно отображена реестрами динамических дифракционных решеток, кодирующих ее динамичное пространство-время. Вместе с тем, указанное противоречие является одной из движущих сил развития, которая проявляется как постоянно снимаемое несоответствие между опережающим промежуточным «финальным» образом эмбриона и его реальной сиюминутной структурой.

Надо особо выделить, что голограмма в геноме — это, вероятно, лишь частный, простейший способ отображения пространства организма. Знаковая структура жидкокристаллических топологий хромосомного континуума, как системы преобразования эндогенных полей организма, а также внешних по отношению к нему излучений, должна быть шире и составлять некий языковой плюрализм, своего рода многомерное семантическое пространство, свойственное каждому генотипу.

Следствием динамизма развития биосистемы является естественное «стирание» дифракционных кодов, «записанных» на высоких топологиях хромосом. Оно происходит при делениях клеток, когда хромосомный материал претерпевает глубокие структурные перестройки, удвоение в митозе и редукцию в мейозе. По крайней мере, на стадии интерфазного ядра исходные дифракционные структуры должны реконструироваться вместе с реконструкцией самих хромосом. Можно думать, что информационный провал «стирания» компенсируется структурной памятью внутриклеточной «воды», которая, как известно [5], способна образовывать точные копии ДНК и, соответственно, хромосомно-«водные» дифракционные решетки, фиксирующие морфогенетическую информацию в делящихся клетках. Возможен и другой ва-

риант компенсаторной «распечатки» знаковой структуры хромосом на систему цитоскелет — внеклеточный матрикс [11, 30]. Организация внутриклеточной «воды», которая показана в работе [5], этим не ограничивается. «Память воды» обогащается ее способностью к фрактальному росту. «Водные» отображения знаковых структур хромосом могут расти, повторяя свою архитектонику, во все увеличивающихся масштабах, и поэтому в соответствии с условиями берегового отражения могут быть считаны референтными фотонными и (или) акустическими полями соответствующих диапазонов. Чем больше масштаб фрактальности, тем ниже частоты считывающих полей и тем меньше структурных деталей содержит волновой фронт поля, дифрагированного ДНК-«водной» дифракционной решеткой.

В результате возникает система акусто-электромагнитных образов (фантомов), как бы вложенных один в другой и описывающих потенциальную структуру биосистемы с разной степенью подробности — от внутриклеточных образований (УФ- и видимая области) до клеточно-ткане-органный уровень (ИК- и СВЧ-области). Отсюда становится понятной реальная наполненность высших биосистем Фрелиховскими и иными физическими полями разных диапазонов. Они необходимы, например, для дифференциального считывания хромосомно-«водных» голографических мультиплексных супергенов в работающем ХГБ. (В последующем тексте целесообразно чередовать синонимы «голографические супергены», «решетки», «коды» и т. д. с более общим — «эпигеноструктуры»).

Все указанные диапазоны частот действительно обнаружены в организмах [34, 49, 59]. При таком многоволновом автосканировании генома восстанавливается полиморфная система полевых образов, дающих пространственно-временную информацию для самоорганизации биосистемы на всех ее уровнях. Буферная память «воды» может иметь и другое проявление, которое позволяет дать объяснение как будто бы нелогично большим размерам про-мРНК, а заодно и наличию некодирующих интронов, делающих гены «мозаичными». Роль про-мРНК может заключаться в том, что высокие топологии такой матрицы являются копиями отдельных эпигеноструктур, копиями, которые после их синтеза на ДНК «программируют» внутриклеточную «воду». «Водные» эпигеноструктуры могут мигрировать между клетками и фрактально расти, обеспечивая перенос стратегической информации по всей массе тканей биосистемы. Выполнив программирующие функции, «про-мРНК «дозревает» до мРНК за счет процессинга вырезания интронов и сшивки оставшихся фрагментов. Таким образом, возможна репликация эпигеноструктур, подобная репликации мРНК, а роль инт-

ронов в этом случае состоит в том, что они тоже являются элементами эпигеноструктур, отображаемых в про-мРНК, а затем во внутриклеточной «воде». Организм можно уподобить нестационарной сильно рассеивающей поля среде, в которой хромосомно-«водный» эпигенотаксовый континуум — главный элемент ХГБ — должен отслеживать структурно-функциональные перемены в микро- и макромасштабах и генерировать полевые образы-команды по всему объему биосистемы. Для того, чтобы ХГБ успешно работал, биосистеме необходимо выполнять довольно жесткие требования, и одно из них — «наблюдение» через нестационарную сильно рассеивающую среду толщи тканей. Возможно ли это? Если биосистеме свойственна динамическая голография с использованием обращенного волнового фронта, то указанное препятствие легко обходится. В пользу этого говорит то, что именно закономерности обращенного волнового фронта количественно объясняют фантомный голографический эффект на листьях растений. Если же в биосистемах срабатывают и принципы временной голографии с разнесением во времени взаимодействия опорного и объектного полей, то возможности полевого самоотслеживания состояния организмов и, соответственно, их самоорганизации существенно расширяются. Соответственно, ХГБ может оценить не только текущее структурно-функциональное состояние ткани, органа и т. д., но и ее прошлое и «будущее». Причем, доплеровская голография позволяет предсказывать точное место в трехмерном пространстве, например, в масштабах клетки, куда должен прийти движущийся объект. Это принципиальный вопрос, потому что совершенно непонятно, как одна из главных информационных структур клетки — мРНК — находит точное место на рибосомах в цитоплазме, продвигаясь через огромные, по сравнению с ее размерами, и пересеченные пространства клетки. То же относится и к проблеме поиска антигена антителом, кодона мРНК антикодоном тРНК. Сводить здесь все только к броуновскому движению со случайным взаимоузнаванием макромолекул и надмолекулярных структур за счет гидрофобных и электростатических взаимодействий, по-видимому, бесперспективно. Эта трудность тоже решается в рамках полевого управления, но особого рода, а именно солитонного. Так, проблема взаимоузнавания мРНК — тРНК теоретически описана с привлечением явления возврата Ферма-Паста-Улама [3], которое математически описывается солитонным решением нелинейного уравнения Шредингера. Это же явление использовано нами для создания формализма, отражающего одну из сторон эпигеноструктурной версии биологического морфогенеза.

Чтобы не сложилось впечатление о предлагаемом механизме би-

кодирующего как о попытке объяснить все механизмы морфогенеза и работы хромосом, необходимо вспомнить старый вопрос биологии развития о соотношении преформизма и эпигенеза. До сих пор он не решен и вряд ли будет до конца осмыслен и с позиций эпигеноструктурного подхода, но он позволяет взглянуть на эту проблему по-новому.

При упрощенном понимании эпигеноструктур в системе хромосомы-«вода», может показаться, что вновь возникает призрак преформизма: голограммы как будто бы должны содержать в себе готовый образ взрослого организма, а он, образ, на каком-то другом уровне содержит информацию о другом будущем организме и т. д. Другой крайностью трактовки эпигеноструктур ХГБ является плоский эпигенез: в хромосомно-«водном» субстрате биосистем нет ничего стабильного, он способен записывать любые интерферирующие поля подходящих диапазонов как эндогенные, так и экзогенные; соответственно любая внутренняя или внешняя полевая информация фиксируется в эпигеноструктурах хромосомы-«вода» и может быть затем считана как управляющая. Ни та, ни другая крайности не приемлемы: в эпигеноструктурах эмбриона нет готового образа будущего взрослого организма, а хромосомно-«водный» субстрат, по-видимому, не способен к любым эпигенетическим преобразованиям. Вместе с тем, наверное, нельзя отбрасывать полностью элементы преформизма и эпигенеза, которые функционируют на определенных этапах эволюции.

Взять, к примеру, вирусы и бактериофаги. В них на ДНК или РНК поистине преформистски записан (правда без эпигеноструктур и в неявном виде) готовый образ всего будущего (потенциального) протоорганизма (вируса или фага), а через них — бесконечный ряд следующих поколений. Эпигенез тут выражен ясно и просто, хотя бы у вируса СПИД: выходя из интегрированного с хромосомой хозяина состояния, вирус может захватывать фрагменты «хозяйской» ДНК и тем самым бесконечно модифицировать свой генофенотип. Это означает, что внешние факторы по отношению к вирусу (в данном случае «вырезающие» вирус рестриктазы) эпигенетически модифицируют его за счет ошибок в узнавании мест вырезания. Следовательно, нельзя с уверенностью отрицать элементы преформизма и эпигенеза на более высоких уровнях клетки, ткани, организма, но эти элементы будут работать уже не в одномерных генетических кодах, а в многомерных эпигеноструктурных. Теоретическая тонкость — в сложнейшем взаимокоррелированном взаимодействии одномерных и многомерных кодов. в действительности ситуация может оказаться еще сложнее, так как «некодирующие» и кодирующие (в смысле триплетного кода) участки ДНК, являясь элементами эпигеноструктур, фактически их ко-

дируют. По-иному это можно выразить так: известные гены и «эгоистическая» ДНК — это линейный одномерный код нелинейного многомерного кода эпигеноструктур. Нелинейного потому, что жидкокристаллические формы хромосом являются типично нелинейной средой.

Еще одна и, пожалуй, главная теоретическая трудность: если в голографических кодах генома нет полного прообраза (неполный преформизм), а финальный образ взрослого организма все-таки достигается, то как это происходит? Остается предположить громоздкую, но пока единственную конструкцию, сохраняющую эпигеноструктурный морфогенез. В зиготе и последующих стадиях ее развития нет законченного набора эпигеноструктур-предшественников полного образа потенциального организма, но они синтезируются и исчезают по мере развития биосистемы с привлечением дополнительной информации, связанной с артефактом генетического кода по [66]. Эта идея находится в хорошем соответствии с экспериментами, когда эмбрион или культура ткани, экранированные от полей в металлических (пермалловых) камерах, через несколько циклов деления обнаруживают извращенный морфогенез, хромосомные aberrации, а затем гибнут [21, 27]. В этих камерах есть основные условия для роста и развития клеток, тканей, эмбриона, кроме одного: внешние космогелиофизические поля, взаимодействующие с биосистемой, существенно ослаблены, их состав изменен. Вот здесь голографическая модель генома получает главную после фантомного эффекта поддержку. Внешние поля, в том числе фоновый мягкий рентген, могут играть определенную роль в морфогенезе многоклеточных биосистем. Эта роль, как уже упоминалось, заключается в их референтных по отношению к генограммам функциях, что не исключает и другие направления их действия. Если голограммы ХГБ не считываются или считываются неправильно (внутренних излучений биосистемы для этого недостаточно), то клетки, ткани, организм гибнут. Еще более простая иллюстрация сказанного — фотоморфогенез растений, независимый от фотосинтеза: в темноте растения не развиваются, для этого необходима узкая спектральная область света — 660 нм [26]. Таким образом, внешние поля по отношению к биосистеме играют отчетливо эпигенетическую роль, но она может быть более сложной, если некоторые из них модулированы, например, — по фазе и поляризации. В качестве модуляторов могут выступать и внешняя дополнительная информация, и сама биосистема. Наверное, надо считать, что внутренние поля биосистемы и внешние поля функционируют в определенном синергизме. В этой связи следует особо сказать о роли внутренних полей.

Предельно упрощая и схематизируя, можно считать, что динами-

ческая пространственно-временная многомерная структура биосистемы, генерируя поля (в том числе и когерентные) и взаимодействуя с ними как с отчужденными, модулирует их по амплитуде, фазе, поляризации и частоте. Тем самым осуществляется первая «запись» полной структуры (и функции) биосистемы в ее собственных электромагнитных и акустических полях. Вторая «запись» идет за счет естественной, неизбежной (автоматической) интерференции таких структурированных полей с соответствующими — собственным и также внешними — опорными полями, а также за счет безопорного ражима голографической записи.

Третья и последняя «запись» происходит на собственных жидкокристаллических (и других, способных запоминать полевой сигнал) субстратах живого и на главном из них — хромосомах. Теперь уже полную многомерную структуру организма можно воспроизвести («считать») по частям и в целом с субстратов записи в виде его полевого эквивалента (или эквивалентов) на различных длинах волн, своего рода «фантома», который в примитивной форме проявляется в газоразрядной визуализации и собственных излучениях поврежденных растений. Считывание осуществляется эндогенными референтными полями организма или внешними полями. И для тех, и для других генограмм играет роль спектрального фильтра, отбирающего частоты, адекватные дифракционной решетке. Запись-считывание структуры организма идет на множествах полевых (модулирующих и демодулирующих) сигналов биосистемы, которые будучи как бы отчужденными от нее при взаимодействии с ней переводятся уже в топологические языки жидкокристаллических субстратов живого и тем самым становятся языками внутренней системы самоорганизации. Это эпигенетические языки вещественного уровня, транслируемые затем в языки волнового (полевого) уровня. Именно здесь Гурвичевская дуалистическая вилка вещества и поля. Генетический язык — это последовательность кодонов ДНК; все остальные, в том числе и голографические информационные характеристики хромосом, являются совокупностью эпигенетических языков организма. Фактически, если мы признаем материальные носители наследственности в виде хромосом и ДНК, мы обязаны согласиться с их волновыми проявлениями, неразрывными с ДНК-субстратами. Становится возможным анализировать механизмы «полевого наследственности». Без полевых проявлений в передаче наследственных свойств невозможно понять вклад материальных носителей в преемственность организмов от поколения к поколению.

Детальное, но относительно простое расчленение наследственной

информации биосистемы на составляющие можно представить в виде соотношения:

$$X_{\Sigma} = U_0 - U_{6,c} = X_{\Sigma,П}^{ВН} + X_{\Sigma,конф}^{ВН} + X_{\Sigma,ОС}^{ВН} + (X_{\Sigma}^{ВШ})_{П} + (X_{\Sigma}^{ВШ})_{ОС}$$

где X_{Σ} — эпигенетическая информация; U_0 — количество информации в целом организме (без учета высшей корковой информации); $U_{6,c}$ — количество информации в белково-нуклеиновых субклеточных структурах, в том числе и в генетическом коде; $X_{\Sigma,конф}^{ВН}$ — внутренняя эпигенетическая информация, связанная с множеством высших конформационных состояний (языков) ДНК, определяемых структурой организма (прямая связь), которая в свою очередь, по обратной связи определяется ДНК; $X_{\Sigma,П}^{ВН}$ — внутренняя эпигенетическая информация, связанная с множеством полевых языков (в том числе и голографических образов), генерируемых ДНК и содержащих информацию о многомерной структуре организма и его функции; $X_{\Sigma,ОС}^{ВН}$ — остальная внутренняя эпигенетическая информация, связанная с участием в обмене других компонентов клетки и внеклеточного матрикса; $(X_{\Sigma}^{ВШ})_{П}$ — внешняя полевая эпигенетическая информация; $(X_{\Sigma}^{ВШ})_{ОС}$ — вся остальная внешняя эпигенетическая информация, включающая также и информацию нервной и гуморальной систем.

Смысл и эволюционная значимость X_{Σ} заключаются, в частности в переходе от низших, близкодествующих, тактических, комплементарных химических кодов на уровне нуклеиновых кислот к высшим дальним стратегическим изоморфным волновым кодам, но уже на более высоких уровнях клетки, ткани, органа, биосистемы в целом. Какими преимуществами располагает, например, $X_{\Sigma,П}^{ВН}$ в эволюционном и приспособительном планах для организмов по сравнению с чистой генетической информацией?

Их три: информационная избыточность, помехозащищенность, низкая энергетическая плата за введение в биосубстраты (запись) и извлечение ее в виде полевых образов-команд (считывание). Преимуществами эти автоматически следуют из принципов голографирования, они в своей основе едины для самых разных проявлений как в сфере техники, так и в биосистемном выражении.

Генетическая информация, входящая в значение $U_{6,c}$ — это статическая информация о константной первичной структуре белков.

Эпигенетическая информация (X_{Σ}) — это динамическая инф

мация, необходимая в морфогенезе (план многомерной структуры организма), да и вообще в метаболизме, когда биосистема растет, развивается, живет, когда она динамична в собственном пространстве-времени. Переход от $U_{6,c}$ к (X_{Σ}) означает переход от статичности низших кодов одних и тех же нуклеиновокислотных матриц, дешифруемых как наборы одних и тех же белков, к динамике вовлечения этих белковых наборов и других субстратов в мобильную архитектуру строящегося организма. (X_{Σ}) реализуется в высших, меняющихся, усложняющихся многомерных голографических кодах, дешифруемых как образы-команды, образы-планы, которые актуализируются внутренне-внешними запрашивающими (референтными) полями. В простейшем случае, на примере фантомного листового эффекта, выявляющаяся полевая структура, пространственно эквивалентная утраченной части листа, играет роль некоего плана потенциальной регенерации поврежденного растения. Здесь (X_{Σ}) работает в морфогенезе организма или при регенерации его части после повреждения. Когда же организм заканчивает свое развитие и становится взрослым, тогда (X_{Σ}) является уже фактором контроля относительного постоянства его пространственной структуры на определенном временном интервале (до момента старения и смерти).

Информационная избыточность ($X_{\Sigma,П}^{ВН}$) тождественна таковой в голограммах, известных в технических вариантах, и выражается в способности воспроизводить полный волновой образ записанного на них объекта в каждом элементе их среды, не меньшем, чем длины волн записи. Помехозащищенность ($X_{\Sigma,П}^{ВН}$) — другая сторона информационной избыточности и заключается в том, что повреждения голограммы не мешают считыванию полной структуры записанного на ней объекта, хотя и с меньшей разрешающей способностью. Низкая энергетическая плата за введение/выведение ($X_{\Sigma,П}^{ВН}$) означает, что их модулированная ориентация директоров на жидкокристаллическом субстрате хромосом не требует преодоления энергетического барьера при записи и не нуждается в дополнительных затратах энергии при считывании полями сверх той, что пошла на образование этих полей. Ключевым субстратом организма в этом плане является хромосомная ДНК, высшие эпигенетические коды которой являются, видимо, именно такими модулированно-жидкокристаллическими, содержащими пространственно-временные шифры строительства организма в виде наборов дифракционных (и голографических) решеток. При этом чрезвычайно важной становится упоминавшаяся выше способность биомолекул и надмолекулярных структур (и хромосом также) к самосборке.

Хромосомный аппарат клетки в митозе и мейозе самособирается из диссоциированного на уровне выше вторичной структуры нуклеопро- теида в целостный и тождественный в делящихся клетках с сохране- нием голографических решеток, передаваемых таким образом по на- следству. Существенна обнаруживаемая тут связь низших и высших кодов, так как последовательность нуклеотидов (низшие коды) опре- деляет характер сворачивания ДНК в высшие конформеры [69], эле- менты которых составляют и наследуемые голографические решетки (высшие коды).

Главное следствие приема-передачи ($X\alpha$) в организме можно вы- разить и по-другому: считываемые-записываемые с хромосом и на хро- мосомах внешне-внутренние полевые образы являются регуляторны- ми, ключевыми элементами полевой самоорганизации биосистем, эле- ментами, которые определяются не только жидкокристаллическими но и особыми колебательными и квантово-механическими свойствами ДНК и других клеточных компонентов. Особенности этих колебаний заключаются в их когерентности, что было постулировано Г. Фрелих- ом [54] и развито его последователями [51, 59, 64] в отношении те- ории и эксперимента. Согласно этим представлениям, реально регист- рируемая сверхслабая фотонная эмиссия биосистем и их составных ча- стей продуцируется в процессе жизнедеятельности как когерентное из- лучение лазерного типа. Этот неоспоримый факт хорошо согласуется с изложенными представлениями. Биологический смысл лазероподоб- ных процессов в организме — это прежде всего возможность дальнего действия (быстрого) одних частей биосистемы на другие, возможность синхронизации биохимических событий в масштабах всего организма, возможность интерференции полей в организме как основы биолого- графии.

Тонкие эксперименты по кинетике счета фотонов, излучаемых биосистемами и их частями (проростки растений, печень, нервы, дрожжевые клетки, прорастающие споры, хромосомы и т. д.), показа- ли, что макромолекулы организмов, и особенно ДНК, способны за счет эксимерных и эксиплексных возбуждений накапливать фотоны, как это имеет место в лазерах.

Такой вывод основывается на следующих экспериментальных на- блюдениях [59].

1. Интенсивность излучения в его стационарной фазе демонстри- рует, что биосистемы далеки от состояния термодинамического равновесия. Интенсивность указывает на способность излучения возбуждать переходные состояния в субстратах действия излучения. В противопо- ложность условиям термального равновесия реакционность при дейст-

вии излучения может быть резко усилена. По этой причине поле сверхслабого излучения в организме способно регулировать все биохимические процессы. Следует заметить, что последнее утверждение в работе [59] носит чисто декларативный характер, механизмы действия излучений в организмах не раскрываются.

2. Температурозависимость фотоэмиссии подтверждает такое утверждение, равно как и то, что физиологические процессы связаны с фотоэмиссией, которая лежит в основе регуляции физиологических функций.

3. Спектральное распределение фотоэмиссии и статистика счета фотонов показывают, что биологическое излучение может представ- лять собой определенное значение когерентности, вероятно, с лазер- ным порогом.

4. Расчеты фотонного запасаания указывают на то, что клеточные популяции представляют собой эффективные фотонные накопители с активным механизмом запасаания. Убедительно доказано, что длины волн запасаемых фотонов лежат в интервале 800—350 нм. Эффектив- ность резонатора по (Q)-значению запасаания очень велика.

5. Использование бромистого этидия как индикатора показало, что ДНК является, по крайней мере, одним (вероятно, главным) исто- чником эмиссии фотонов.

Основное следствие этих экспериментов заключается в том, что ДНК способна к запасаанию фотонов, их когерентной эмиссии и воз- буждению. Обобщая перечисленные факты, авторы в работе [59] при- водят схему гипотетической регуляторной цепи перехода порядка в хаос и наоборот на физическом (фотонном) и клеточном уровнях. Посту- лируются петли обратных связей, которые самоинформативны и хоро- шо соответствуют всем данным, полученным на физическом и биоло- гическом (биохимическом) уровнях.

В работе [59] предлагается возможный контроль клеточной регу- ляции электромагнитными взаимодействиями. Они представлены отрицательными петлями обратных связей между антагонистическими состояниями порядка и хаоса. В хаосе можно выявить близкостоящие контакты и относительно высокие химические активности. Пищевое обеспечение (например, — гликолиз) порождает фотоны хеми- люминесценции. Хорошо известно, что фотоны, необходимые для свя- зывания CO_2 и H_2O в глюкозу (фотосинтез), освобождаются в глико- лизе. Это проявляется в том, что эти фотоны не только расходуются на нагрев, но и запускают биохимические реакции. Одно из важней- ших взаимодействий фотонов в клетке связано с нуклеиновыми кисло- тами, особенно для эксиплексных (эксимерных) формирований внутри

них, условия образования которых удовлетворяют принципам лазерной накачки. Поэтому утверждается, что эксиплексные связи в ДНК и взаимодействующие с ними компоненты создают высокоорганизованную структуру в клетках, а их фотонное поле экспонируется на все биомолекулы [59].

Конденсация хромосом есть следствие возникновения эксиплексных структур. Это выражается в возбуждении (фотонной накачке) ДНК по сравнению с фоновым состоянием. Конденсированный хроматин поэтому может рассматриваться как содержащий высокоупорядоченную ДНК и «плотно упакованные» фотоны. Постоянная конкуренция молекул ДНК в хромосомах за фотоны выражается в ее высокой пространственной упорядоченности (вероятно, — по жидкокристаллическому типу) в фотонном поле, которое распределяется по клеточным популяциям. Организованное фотонное поле означает организованную ДНК и наоборот. Это определяет формирование пар азотистых оснований ДНК, их конформацию в пределах клеточной популяции; структура фотонного поля, таким образом, есть главное условие дальних ДНК—ДНК информационных взаимодействий. Хотя в этом пункте авторы [59] исходят из иных посылок, общая логика рассуждений близка представлениям, изложенным выше, суть которых в том, что когерентные поля являются информационными посредниками межклеточного общения. Формирование структур ДНК-поле противостоит хаотическим внешним влияниям, и это основано на фотонном обеспечении («накачке») эксиплексных ДНК-лазеров (мазеров, разеров) в модели электромагнитных взаимодействий в генетическом аппарате предлагаемой в работе [59].

Такие биологические феномены, как клеточная адгезия, клеточная пролиферация, дифференцировка, канцерогенез и т. д., в итоге трактуются в рамках понятий активного фотонного накопления-высвечивания в когерентных и хаотических режимах. Однако, эти понятия в приложении к биосистемам остаются общей фразой, и реально дело не идет дальше регистрации излучений организмов и их частей, а также регистрации изменения интенсивности этих излучений при различных химических и физических воздействиях на биосистемы [51,64].

Ценность работ [51, 59, 64] в другом — в реальном доказательстве наличия универсальных лазероподобных процессов в живых организмах на всех уровнях эволюционной лестницы. Другое дело, — как используют биосистемы собственные «лазеры». Здесь большое поле для гипотез и можно представить себе многие неизвестные ранее процессы в Живом. Если же оставаться в рамках известных биофеноменов, по-

падающих как-то в сферу применения понятий лазерных полей, то это будет» конечно, фантомный листовой эффект и его голографическая трактовка. Когерентные поля биосистем могут и должны интерферировать, а это и есть собственно голографирование, поскольку трудно представить, что такие поля будут всегда оставаться «чистыми». Неизбежно их взаимодействие с породившей их биосистемой, т. е. приобретение ими амплитудной, фазовой, поляризационной и частотной информации о многомерной структуре организма и использование этой информации в процессах самоорганизации высших биосистем.

С другой стороны, было бы разумно избегать соблазна рассматривать поля биосистем исключительно с позиций их биоголографических функций. Излучения светлячков, рыб, червей, пение птиц, наконец, — речь человека — все эти физические поля биосистем не укладываются в рамки биоголографии. Механизмы саморегуляции человека, животных, растений с помощью собственных полей шире и включают в себя плюрализм структур полей-символов, полей-знаков, в которых голографические поля лишь часть целого.

Совершенно особо нужно сказать об искусственных, привнесенных, возможно, экзобиологических симметриях генетического кода, о которых упоминалось выше [66] и которые, в частности, свидетельствуют об особом знаковом использовании негенетического характера стартовых и стоповых кодонов как указателей возможного «послания». Главная часть его, если таковое имеется, может быть сосредоточена именно в спейсерных, интронных и мобильных областях генома, т. е. именно там, где мы предполагаем монтаж голографических программ ХГБ. Нельзя исключить, что экзобиологическое «послание» было привнесено в абиогенно-синтезированные полимеры ДНК и (или) РНК на заре эволюции Живого, и что оно участвует как действующий элемент ХГБ в морфогенезе биосистем, более того, — постоянно генерирует информацию, передаваемую по наследству, которая пока не осознается нами. Помехозащищенный информационно избыточный способ голографической записи этого сообщения может быть наиболее подходящим.

Для более детального обоснования изложенных концепций голографического механизма хранения, передачи и восстановления морфогенетической информации необходимо дать ответы на ряд вопросов, касающихся природы и свойств гипотетических голограмм, в которых может храниться информация, необходимая и достаточная для осуществления изоморфизма «организм — геном». В основном эти вопросы сводятся к следующим:

(1) какова природа источников излучения для записи и восстановления голограмм, требования к их когерентности;

(2) каков механизм записи либо синтеза голограмм, способных хранить эпигенетическую информацию;

(3) что является средой для записи голограмм и каковы механизмы восприятия полей, восстановленных с голограмм;

(4) каковы схемы записи и восстановления голограмм, обеспечивающие интерферометрическую стабильность и воспроизводимость восстанавливаемых полей, — ?

Для ответов на вопросы о природе и когерентных свойствах источников и, отчасти, о схемах записи и восстановления голограмм можно привлечь концепцию локальных опорных источников [32, 67]. В ее основе лежат особенности рассеяния и интерференции волн, испускаемых уединенным источником достаточно малых размеров, например, атомом тяжелого металла, входящим в состав молекул ДНК и хромосом.

В качестве примера рассмотрим уединенный атом металла, расположенный и определенным образом ориентированный в кристаллической (жидкокристаллической) среде органического происхождения [67]. Под действием излучения, возникающего, например, при газовом разряде в процессе фантомообразования с энергией фотонов $\hbar\omega$, превышающей границу K -области рентгеновского спектра атома металла (энергия ионизации для электронов K -слоя), возбужденный атом испускает сферическую волну с амплитудой A :

$$E_0 = (A/R) \exp [i(kR - \omega t)], \quad (1)$$

где $k = 2\pi/\lambda \approx \omega/c$ — волновое число, R — расстояние от центра атома. Предположение монохроматичности испущенной волны, как будет показано ниже, не ограничивает общности рассуждений. Если окружение точечного излучения можно представить в виде набора дискретных рассеивателей с координатами r_i (рис. 1), то результирующее поле рассеянной волны:

$$E = A \frac{e^{ikR}}{R} + \sum \frac{l_i f_i(\Theta_i)}{r_i} e^{ik_i(l - \cos\Theta_i)} \quad (2)$$

где l_i — расстояние между рассеивателями (в общем случае комплексная величина), $f_i(\Theta_i)$ — угловое распределение i -го рассеивателя, A — усредненная комплексная амплитуда поля излучателя.

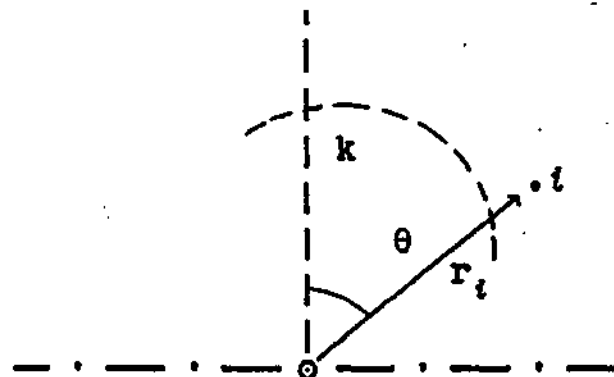


Рис. 1. Геометрия схемы рассеяния..

Излучатель находится в начале координат; r_i — радиус-вектор i -го рассеивателя; k — направление наблюдения; Θ_i — угол между векторами k и r_i

Нетрудно заметить, что выражение (2) содержит две составляющие. Первая (с точностью до постоянного множителя) совпадает со сферической волной, испущенной точечным излучателем, а вторая равна сумме рассеянных волн, несущих информацию об окружении излучателя. Интерференция этих двух полей дает картину полос, которая, будучи зарегистрированной в фоточувствительной (нелинейной) среде, представляет собой голограмму окрестности излучателя. Видимость (контраст) интерференционных полос —

$$V = (l_i/r_i) f_i(\Theta_i) \quad (3)$$

убывает с расстоянием от излучателя. Угловая ширина интерференционных полос приблизительно равна $(\lambda/r_i)^{1/2}$ в направлении вектора $r_i \approx \lambda/r_i$ в перпендикулярном направлении.

Если в рассматриваемой области пространства расположено множество атомов-излучателей, то каждый из них, излучая некогерентно относительно остальных, тем не менее, формирует голограмму своей окрестности. В кристаллической среде отдельные молекулы, или кристаллиты, ориентированы с точностью до степени упорядоченности (типичное значение $\delta \approx 1^\circ$), поэтому голограммы от отдельных ориентированных излучателей совмещены с точностью до δ . Следовательно, в результате некогерентной суперпозиции отдельных элементарных го-

лограмм образуется единая голограмма области размером $r_1 < \lambda/\delta$. При этом размер кристалла не должен превышать $R = \lambda/r_1$. Однако, ни одно из этих условий не накладывает сколько-нибудь серьезных практических ограничений. Кроме того, периодичность расположения излучателей не существенна, поэтому описываемый механизм должен работать одинаково хорошо в молекулярных и жидких кристаллах (например, — в хромосомной ДНК), а также в ориентированных волокнах и мембранах.

Рассматривая энергетические и тесно связанные с ними информационные аспекты описываемого метода голографической регистрации, следует иметь в виду, что плотность потока энергии от источника возбуждения должна обеспечить в течение эффективного времени экспозиции (отклика среды), по крайней мере, минимально необходимое для надежной регистрации число фотонов, приходящееся на разрешаемый элемент голограммы. По оценкам эта величина составляет не менее 200 [15, 67] (реальные значения с учетом диссипации энергии составляют несколько тысяч). В этих условиях время экспозиции, необходимое для достижения определенной дифракционной эффективности голограммы, должно уменьшаться пропорционально объему кристалла. Особенностью получения голограмм является малость несущей пространственной частоты, т. е. большой период полос регистрируемой картины, что является следствием малого углового размера области рассеяния. По сути дела голограмма регистрируется в дальней зоне, что характерно для схемы голографии Фурье-Фраунгофера [18].

Описанный механизм голографической регистрации может быть обобщен на случай испускания уединенными атомами фотоэлектронов или же электронов [67]. В этом случае на голограмме записывается картина рассеяния и дифракции электронов. Такой вариант регистрации представляет, по-видимому, особый интерес для интерпретации результатов экспериментов по газоразрядной фотографии фантомов поврежденных листьев растений.

Процессы регистрации и восстановления локальных голограмм можно рассматривать в приближении слабого рассеяния или сильной опорной волны. При этом голограмма, зарегистрированная на сфере радиуса K в среде с характеристической кривой вида

$$T = T_0 + \alpha I, \quad (4)$$

(где: T — пропускание голограммы, T_0 — уровень вуали, α — коэффициент контрастности, I — регистрируемая интенсивность) — эквивалентна голограмме Габора. В самом деле, освещение ее сферической

волной, совпадающей с опорной, дает в пространстве за пределами сферы световое поле, формирующее мнимое изображение точечного опорного источника и окружающих его рассеивателей [29]. Если же голограмма освещается с наружной стороны сферы обращенной опорной волной (сферическая волна, сходящаяся в точку, где расположен атом-излучатель), то внутри сферы восстанавливается действительное изображение источника и его окружения. Так, в случае одиночного рассеивателя, расположенного в точке r_1 , восстановленное световое поле:

$$E(\vec{r}) = (E_0 T_0 / 4\pi) 2j_0(k\vec{r}) - iN(\vec{r}_1) \alpha \frac{\sin k|\vec{r}-\vec{r}_1|}{k|\vec{r}-\vec{r}_1|}, \quad (5)$$

где E_0 — амплитуда восстанавливающей волны на сфере-голограмме, j_0 — сферическая функция Бесселя, $N(\vec{r}_1)$ — комплексная амплитуда рассеивателя.

К сожалению, столь совершенная схема записи и восстановления голограмм является идеализированной. Даже при линейной регистрации в стационарных условиях при сохранении геометрии схемы точные запись и восстановление невозможны из-за модуляции опорной и восстанавливающей волн вследствие рассеяния на объекте. В результате восстановленная волна также приобретает дополнительную модуляцию, так что ее интенсивность можно выразить в виде:

$$I = r(R+O)(R^*+O^*) = r(RR^*+OO^*+RO^*+R^*O), \quad (6)$$

где O , R , R^* — амплитуды восстанавливающего, опорного и объектного полей соответственно; символом $*$ обозначены комплексно-сопряженные величины. Слагаемые RO^* и R^*O в выражении (6) описывают восстановленное действительное и мнимое изображения объекта. В частности, при $R = O$ восстановленное поле в дальней зоне (Фурье-образ поля на голограмме $sF\{i\}$) содержит составляющую $F\{RR^*O\}$, которая равна свертке поля объектной волны с функцией автокорреляции опорной волны. Таким образом, неискаженное восстановление возможно только при $F\{RR^*\} = \delta(r)$ (дельта-коррелированный опорный источник [25]). Но и в этом случае остальные слагаемые суммы в уравнении (6) будут создавать шум, искажающий восстановленное изображение.

Из теории восстановления сигналов известно, что выделить полезный сигнал из шума при неизвестной заранее передаточной функции искажающей среды (некорректная обратная задача) возможно только

приближенно с использованием метода наименьших квадратов, принципов максимального правдоподобия или минимума энтропии [6]. Одной из разновидностей оптических схем, реализующих алгоритмы восстановления, являются схемы голографической ассоциативной памяти с обратной связью [46, 62]. Замечательной особенностью таких схем является глубокая и явная аналогия между ними и биологической памятью, в частности, нейронными структурами и сетями [55, 56, 62] в фантомными эффектами на поврежденных листьях растений [13, 50].

В основе работы рассматриваемых систем лежит ассоциативность, присущая голографическому процессу [25]. Особенности голографических систем ассоциативной памяти удобно рассматривать на примере схемы (рис. 2).

Эта схема содержит фотопластинку с последовательно записанными на ней наложенными фурье-голограммами двумерных объектов (содержимое памяти). В одном из вариантов такой памяти каждая голограмма записывается с опорным объектом, представляющим собой смещенную во входной плоскости копию объекта (а). Смещение во входной плоскости приводит к сдвигу пространственной частоты (угла падения) в фурье-плоскости, т. е. на голограмме. Сдвиг несущей частоты позволяет разделить восстанавливаемые изображения и отделить их от пучка света нулевого порядка дифракции. Если голограмма восстанавливается с помощью объекта, являющегося частью или искаженной версией содержащего в памяти изображения (а), то восстановленное изображение в первом порядке дифракции (после обратного преобразования Фурье) можно записать в виде [25, 62]:

$$\tilde{a}_{m0} = (\hat{a}_{m0} * a_m) \otimes a_m + \sum_{m \neq m_0} \{(\hat{a}_{m0} * a_m) \otimes a_{m_0}\} \quad (7)$$

где m — число голограмм в памяти, а символы $*$ и \otimes обозначают корреляцию и свертку соответственно.

Первое слагаемое представляет собой полезный сигнал, искаженный аппаратной функцией системы, а второе — шум за счет взаимной корреляции входного изображения с остальными изображениями, хранящимися в памяти. Пороговое ограничение и обратная связь в схеме (см. рис. 2, а) осуществляются за счет обращения волнового фронта (ОВФ) в нелинейно-оптических элементах 7 и *. Важное достоинство описываемых схем состоит в инвариантности к сдвигу входного изображения. Это обусловлено тем свойством голограммы Фурье, что при сдвиге в некоторых пределах входного изображения, выходное будет восстановлено с аналогичным сдвигом, но без изменения распределе-

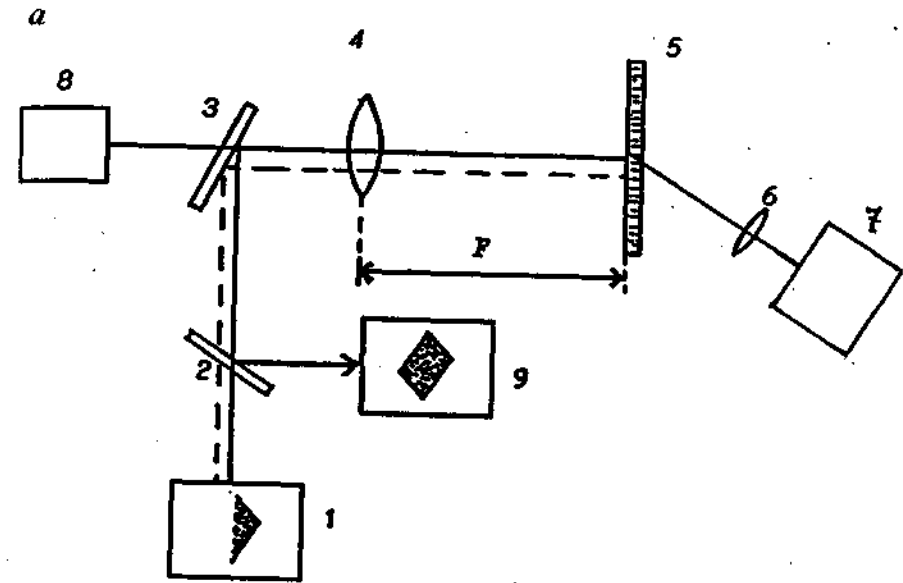
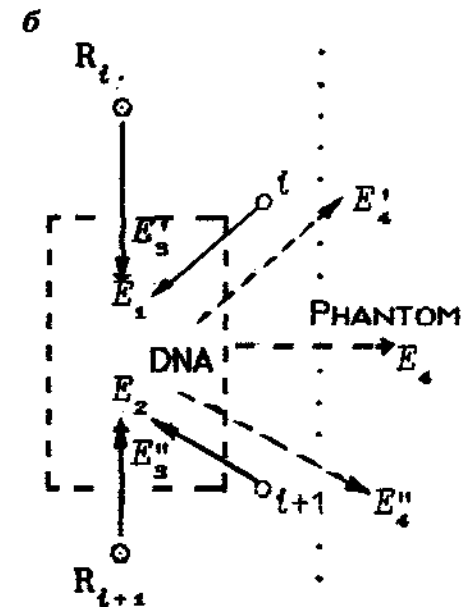


Рис. 2. Аналогия между оптической и «биологической» голографической ассоциативной памятью.

а — оптическая ассоциативная память с итеративной процедурой поиска: 1 — исходное (поврежденное) изображение, 9 — полностью восстановленное изображение;

б — элементы схемы образования фантомного образа утреченной (отрезанной) части живого листа растения — т. н. «фантомный листовой эффект» (см., напр., [13, 50]):

R_t, R_{t+1} — локальные опорные источники; E_1, E_2 — волны накачки для ОВФ; E_3', E_3'' — сигнальные (рассеянные) волны; E_4', E_4'' — отраженные волны (фантом).



ния поля в нем. В сочетании с ОВФ это свойство делает схему практически нечувствительной к взаимному смещению элементов, что чрезвычайно важно для биологических систем в силу присущей им подвижности, например, — при движении хромосом, клеток и тканей, когда их взаимное «видение» должно оставаться неискаженным.

Поскольку выходной сигнал в рассматриваемой схеме появляется непосредственно в плоскости объекта, шум в ней имеет ту же пространственную протяженность, что и сигнал. Шум наложен на сигнал, поскольку все опорные объекты сдвинуты относительно сигнальных на одно и то же расстояние. При этом отношение сигнал — шум в первом цикле итераций [62]:

$$SNR = (3/2M)^{1/2}/\beta, \quad (8)$$

где β — доля изображения a_{m0} , использованная в качестве входного. Таким образом, это отношение не зависит от размера изображения N и мало — при $M > 1$.

Столь высокий по сравнению с нейронно-сетевыми системами [56, 62] уровень шума обусловлен боковыми лепестками функций корреляции, что дает ухудшение величины SNR (отношение сигнал — шум) в N раз. Поэтому рассмотренная схема в применении к ассоциативной памяти генома эукариот имеет чисто теоретико-методологический интерес. В схемах ассоциативных голографических запоминающих устройств, которые могут служить неким первым приближением к гипотетической аналогичной памяти хромосомного континуума биосистем, наложенные фурье-голограммы изображений записываются с плоскими опорными пучками b_m , падающими на плоскость голограммы под разными углами. ОВФ-зеркала устанавливаются в восстановленном пучке первого порядка дифракции и в объектной плоскости голограммы, которая сопряжена с входной плоскостью (см. рис. 2). Если во входной плоскости находится неполный или искаженный объект \hat{a}_{m0} , то голограмма восстанавливает все опорные пучки b_m , но каждый из них имеет вес, пропорциональный функции корреляции входного объекта с соответствующим изображением a_m . Все эти опорные пучки обращаются ОВФ-зеркалом γ и, попадая обратно на голограмму, восстанавливают каждый свой объект. В объектной плоскости все эти изображения обращаются во втором ОВФ-зеркале δ и снова попадают на голограмму, в результате чего замыкается обратная связь. Если нелинейное преобразование порогового типа выполняется в одном или в обоих ОВФ-зеркалах, то система с обратной связью сходится к самосогласованному решению. Полный набор таких решений совпадает с

набором объектов $\{a_m\}$, хранимых на голограмме. Многостабильность такой системы позволяет ей как бы делать «логические выводы» и «принимать решения» относительно близости входного объекта (в смысле корреляционной меры близости) к объектам, хранимым в памяти, и значительно улучшает отношение сигнал/шум по сравнению с линейными системами обычных корреляторов. Кроме того, в отличие от обычных корреляторов рассматриваемая схема позволяет получить как максимум корреляции, так и восстановить само изображение объекта по его неполной (искаженной) копии. В этом процессе используется и восстанавливается как амплитудная, так и фазовая информация об объекте. Указанный аспект аналогичной памяти генома эукариот чрезвычайно важен для объяснения тонких механизмов биоморфогенеза, когда геному (ХГБ) необходимо принимать решения о точности (корреляции) супергенопрограммируемых и реально развившихся форм (признаков) биосистемы — строению глаза, крыла и т. д., а затем корректировать и продолжать развитие организма, или стабилизировать достигнутый статус в пределах взрослой возрастной нормы.

Обращенные ОВФ-зеркалом восстановленные опорные пучки попадают на голограмму и восстанавливают изображение, описываемое следующим выражением:

$$\tilde{a}_{m0} = N\hat{L}_2 \left\{ \sum_{m'} (N\hat{L}_1 \left[\sum_m (\hat{a}_{m0} * a_m) \otimes b_m \right] * b_m \otimes a_m \right\}, \quad (9)$$

где a_m , b_m — хранимые изображения и соответствующие опорные пучки; $N\hat{L}_1$, $N\hat{L}_2$ — нелинейные преобразования, выполняемые соответственно ОВФ-зеркалом и нелинейным элементом, расположенным в выходной плоскости системы. Двойное суммирование по индексам m и m' учитывает двойное прохождение света через голограмму. Если опорные пучки представляют собой набор плоских волн, падающих на голограмму под разными углами, то в объектной и корреляционной плоскостях они соответствуют набору δ функций, расположенных в точках с координатами x_m :

$$b_m = \delta(x - x_m, y - y_m). \quad (10)$$

Ось x лежит в плоскости (рис. 2 а). Точечные источники в рассматриваемой схеме являются аналогами одиночных излучателей в модели локальных опорных источников [67]. Подставляя (10) в (9), получаем:

$$\tilde{a}_{m0} = N\hat{L}_2 \left\{ \sum_{m'} \sum_m (N\hat{L}_1 [C_m(x-x_m+x_{m'}, y-y_m+y_{m'})] a_{m'}) \right\}, \quad (11)$$

где $C_m(x)$ — функция взаимной корреляции входного объекта с изображениями a_m .

Анализ показывает, что отношение сигнал/шум на выходе рассматриваемой схемы зависит от количества M изображений a_m , от числа N элементов в них, а также от степени совпадения β входного и восстановленного изображений. Еще один фактор, влияющий на отношение сигнал/шум — это вид нелинейного преобразования в корреляционной области. Если для простоты предположить, что функция точечной нелинейности имеет вид степенной зависимости:

$$N\hat{L}_1 = A^n, \quad (12)$$

где A — амплитуда функции корреляции, то при $N \gg 1$ можно получить следующее выражение для отношения сигнал/шум [62]:

$$SNR = [(n+1)/2M]^{n/2} \cdot (3/2M)^{n/2} \cdot \beta N^{(n-1)/2}. \quad (13)$$

При $n = 1$ это выражение совпадает с (8). Однако, уже при $n = 2$, даже при произвольном (неортогональном) наборе объектов, емкость памяти M как функция от размера N приближается к аналогичной величине для модели Хопфилда [55, 56], а при $n = 4$ емкость достигает величины $4N$ [62]. Известно, что подобное увеличение емкости достигается за счет оптимизации вида нелинейного преобразования и в нейронно-сетевых системах. Дальнейшего увеличения емкости памяти можно достигнуть путем введения диффузного рассеивателя перед каждым изображением a_m [53]. Это устраняет взаимную корреляцию между различными объектами, повышает отношение максимума функции автокорреляции к величине ее боковых лепестков и, таким образом, улучшает отношение сигнал/шум в области корреляции [53, 62]. Однако, в этом случае фазовый множитель диффузного рассеивателя оказывается неотъемлемой частью каждого из объектов, хранимых в памяти, и его необходимо сохранять даже в неполных и искаженных копиях входных изображений. Последнее условие доставляет определенное неудобство при создании практических систем ассоциативной памяти. Тем не менее, принимая во внимание то обстоятельство, что по своим оптическим свойствам большинство биологических объектов являются «диффузными рассеивателями», и учитывая присущее биологическим системам свойство «саморепродукции» или редупликации

[37], т. е. способность в процессе роста и развития воспроизводить в деталях структуру собственного тела, можно предположить, что такая «оптическая диффузность» играет важную роль в механизмах хранения и воспроизведения морфогенетической информации. К примеру, помимо повышения информационной емкости и точности эпигенетического самовосстановления из зиготы индивидуальности диффузного узора может обеспечивать своеобразный «ключ», позволяющий системе отличить «свою» структуру от «чужой». Это означает, что полевые принципы организации биосистем могут распространяться на их иммунный статус.

В качестве ОВФ-зеркал в рассмотренных системах могут использоваться объемные среды, например, фоторефрактивные кристаллы в режиме четырехволнового смешения [52, 53, 62], а также фоточувствительные жидкокристаллические структуры в режиме обращения поверхностью и псевдообращения [53], а в случае голографического кодирования структуры биосистем ОВФ-зеркало — это хромосомно-«водный» континуум организма. Важнейшим параметром ОВФ-зеркала является достигаемое в нем усиление обращенной волны. Для фоторефрактивных кристаллов максимальное усиление в режиме двух-волнового смешения — до 50 [68]. В работе [7] исследовали жидкокристаллическую фоточувствительную структуру в режиме ОВФ-зеркала. Получена оценка предельного усиления обращенного сигнала в петле обратной связи. Модуляция характеристики ЖК-структуры, полученная экспериментально, и соответствующие численные расчеты показали возможность использования логарифмической аппроксимации этой характеристики. Следует отметить, что логарифмическая зависимость отклика от интенсивности воздействия весьма характерна и для биологических систем. Результаты расчетов и экспериментов дают максимальное значение коэффициента усиления обращенного пучка

δ – 3. Полученные результаты свидетельствуют о возможности использования жидкокристаллических структур в качестве ОВФ-зеркала в схемах ассоциативной памяти, в том числе — с итерационной процедурой поиска и восстановления изображений. Поскольку в схемах (см. рис. 2) оптическая система формирует на ОВФ-зеркале изображение голограммы (в корреляционном канале) или изображение объекта (в объектном канале), то первое ОВФ-зеркало может быть совмещено в пространстве с голограммой памяти, а второе — с объектом. В рассматриваемой модели удобной средой для двух и четырехволнового смешения является все та же молекула ДНК в хромосомной жидкокристаллической форме, в которой существуют эксимерные и экси-

плексные состояния с инверсией населенностей [59]. Две волны накачки в случае четырехволнового смешения образуются в дальней зоне любых двух локальных опорных источников. Еще одним эффективным механизмом передачи информации в активных средах с инверсией населенности являются автоволны [7]. Распространяясь в активной инверсной среде, прямая и обратная волны должны приобретать характер автоволн, форма которых определяется граничным условием, т. е. с одной стороны, — структурой голограммы, записанной в хромосомном континууме ДНК на «микроскопическом уровне», • и с другой стороны — макроскопическим строением объекта. Подобная система по своему характеру является, во-первых, сильно избыточной, т. е. хранимая и воспроизводимая информация в ней распределена и многократно повторена. Во-вторых, система является самосогласованной и саморегулирующейся, т. е. любые изменения в ней, связанные с нарушениями на макро или микроуровне, тотчас же приводят к возникновению сигналов в виде модуляции восстановленных полей, способствующих в нормальных условиях коррекции искажений. Именно в качестве такого зондирующего и корректирующего поля может выступать фантом отсеченной части живого объекта и (или) регуляторные голографические поля в процессе развития эмбриона.

Обратим внимание на некоторые вопросы, требующие решения в связи с обоснованием голографической модели генома. В первую очередь следует отметить определенные трудности описания и построения модели ассоциативной голографической памяти, в которой светочувствительная среда и входной (предъявляемый) объект практически одинаково равномерно распределены в некотором объеме. Наибольшее сходство с такой системой имеет, по-видимому, волноводная голограмма [31]. Эта аналогия, однако, требует более детального исследования и обоснования. Еще одна проблема связана с отображающими свойствами голограмм. Обычно в схеме голографической памяти плоская • (или) трехмерная голограмма осуществляет связь (изоморфизм) между двумя плоскостями (вход-выход). Даже в случае двумерного объекта такая голограмма, вернее, — реализуемая ею связь, описывается тензором 4-го ранга [62, 65]. При дискретном представлении такой голограммы она разбивается на фрактальные решетки размерности $3/2$ [65]. Интересно отметить, что функция пропускания идеального диффузного рассеивателя также является фракталом с размерностью — $3d$ U91.

Как упоминалось выше, кодирование структуры биосистем может осуществляться в форме солитонных полей, например, бризеров, внутренняя колебательная структура которых является статико-динамиче-

ской голограммой, отображающей данный пространственно-временной статус развивающегося или регенерирующегося организма.

Формализм данной версии, развивающей изложенный чисто голографический вариант биоморфогенеза, вытекает из задачи Ферми-Паста-Улама, которая возникла в результате компьютерного исследования динамики колебаний в цепочках нелинейно связанных осцилляторов. Оказалось, что против всякого ожидания энергия первоначального возмущения крайних осцилляторов в таких цепочках не термализовалась, а распределившись по высшим гармоникам, затем вновь собиралась в спектр первоначального возмущения [39]. При увеличении числа осцилляторов в цепочке — картина возврата энергии неизменно сохранялась. Эта проблема получила название возврат Ферми-Паста-Улама по именам Э. Ферми, Д. Паста и Э. Улама, которые первыми исследовали эту задачу. В дальнейшем возврат ФПУ был экспериментально обнаружен в длинных электрических линиях с нелинейными элементами в плазме, а также в динамике волн на глубокой воде [39]. Замечательным свойством возврата ФПУ оказалось наличие «памяти» в его спектре к начальным условиям его активных мод [45].

Результаты исследований в области изучения возврата ФПУ позволили теоретически рассмотреть молекулу ДНК в виде электрического резонатора ФПУ [3]. В этой модели динамика волны плотности электронов, распространяющейся вдоль сахарофосфатных цепей молекулы ДНК, рассматривалась в рамках нелинейного уравнения Шредингера в форме, предложенной Юэном и Лэйком для описания динамики солитонных волн на глубокой воде [39]. При этом осцилляции плотности электронов в структурах нуклеотидов рассматривали в качестве возмущающих точечных источников, расположенных на одинаковых расстояниях вдоль сахарофосфатной цепочки, интерпретируемой как длинная электрическая линия.

Рассмотрим теперь эту задачу в несколько ином аспекте. Упростим модель динамики волн электронной плотности в молекуле ДНК. Представим оба одиночных полинуклеотида двойной спирали ДНК в виде двух цепочек связанных осцилляторов, имеющих одинаковую частоту ω_0 , равную частоте биений между периодическими колебаниями электронной плотности в структуре комплементарных пар нуклеотидов. Как известно [28], такие цепочки осцилляторов могут быть описаны уравнением Клейна-Гордона. Следовательно, динамика напряженности электрического поля одиночных цепей ДНК может быть выражена следующим образом:

$$C_{1,2}^2 \frac{\partial^2 E_{1,2}}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 E_{1,2}}{\partial t^2} = \omega_0^2 E_{1,2}, \quad (14)$$

l — условная длина молекулы ДНК, граничные условия

$$E_{1,2}(0,t) = E_{1,2}(l,t) = 0$$

Процесс взаимодействия между электрическими полями обеих одиночных цепей ДНК может быть выражен следующей парой параметрически связанных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 E_1}{\partial x^2} - \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 E_{1,2}}{\partial t^2} = -\frac{\omega_0^2}{c^2} E_1 E_2 \\ \frac{\partial^2 E_2}{\partial x^2} - \frac{1}{C^2} \frac{\partial^2 E_{1,2}}{\partial t^2} = -\frac{\omega_0^2}{c^2} E_2 E_1 \end{cases}, \quad (15)$$

где E_2 — средняя амплитуда напряженности электрического поля за один пространственный период стоячих волн в первой цепи, E_1 — средняя амплитуда напряженности электрического поля за один временной период стоячих волн во второй цепи.

Как было показано в работе [47] при $x = t$ и $c = 1$ система уравнений (15) может быть приведена к следующей системе связанных обыкновенных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial^2 E_1'}{\partial x^2} + k_1^2 E_1' (1 + \alpha_1 \xi E_2') = 0, \\ \frac{\partial^2 E_2'}{\partial t^2} + \omega_2^2 E_2' (1 + \alpha_2 \eta E_1') = 0, \end{cases} \quad (16)$$

где $\alpha_1, \alpha_2 \leq 1$ — коэффициенты связи, а

$$\xi = (1/L) \int_0^L \cos(kx + \varphi) dx,$$

$$\eta = (1/T) \int_0^L \cos(\omega t + \varphi) dt.$$

Здесь L — эффективная длина цепи, T — эффективное время взаимодействия полей E_1 и E_2 .

Компьютерное исследование системы уравнений (16) показало, что ее решения представляют собой возврат ФПУ [48].

Представим теперь, что колебания E_1' и E_2' генерируются молекулой ДНК в окружающее пространство. Тогда вне молекулы ДНК поля E_1' и E_2' образуют сферические фронты. При этом в силу представления стоячих волн в молекуле ДНК в виде двух противоположно направленных бегущих волн, от источника (молекулы ДНК) будет расходиться сферическая волна E_c' , а к источнику будет сходиться сферическая волна E_c'' , поскольку волны от молекулы излучаются в нелинейную среду — внутриклеточную жидкость. Динамика этих волн может быть описана в сферических координатах:

$$r_{+1}^2 \nabla^2 E_c' = \frac{\partial}{\partial r_{+1}} \left(r_{+1}^2 \frac{\partial E_c'}{\partial r_{+1}} \right) + \frac{1}{\sin \Theta_1} \frac{\partial}{\partial \Theta_1} \left(\sin \Theta_1 \frac{\partial E_c'}{\partial \Theta_1} \right) + \frac{1}{\sin^2 \Theta_1} \frac{\partial^2 E_c'}{\partial \varphi_1^2} = 0$$

$$r_{-2}^2 \nabla^2 E_c'' = \frac{\partial}{\partial r_{-2}} \left(r_{-2}^2 \frac{\partial E_c''}{\partial r_{-2}} \right) + \frac{1}{\sin \Theta_2} \frac{\partial}{\partial \Theta_2} \left(\sin \Theta_2 \frac{\partial E_c''}{\partial \Theta_2} \right) + \frac{1}{\sin^2 \Theta_2} \frac{\partial^2 E_c''}{\partial \varphi_2^2} = 0$$

$$E_c' = u_1(\varphi_1) v_1(\cos \Theta_1) \omega_1(r_{+1})$$

$$E_c'' = u_2(\varphi_2) v_2(\cos \Theta_2) \omega_2(r_{-2}) \quad (17)$$

В этом случае в результате сложения сферических функций E_c' и E_c'' получим следующее выражение:

$$P_j(\cos \gamma) = P_j(\cos \Theta_1) P_j(\cos \Theta_2) +$$

$$+ 2 \sum_{m=1}^j \frac{(j-m)!}{(j+m)!} P_j^m(\cos \Theta_1) P_j^m(\cos \Theta_2) \cos[m(\varphi_1 - \varphi_2)], \quad (18)$$

где $\cos \gamma = \cos \Theta_1 \cdot \cos \Theta_2 + \sin \Theta_1 \cdot \sin \Theta_2 \cdot \cos(\varphi_1 - \varphi_2)$, а P_j^m — присоединенная функция Лешандра j .

Частное решение (17) для E_c' :

$$E_c'(r_{j+1}, \Theta_1, \varphi_1) = \left(A r_{j+1}^j + \frac{\beta}{r_{j+1}^{j+1}} \right) P_j^m \cdot \cos \Theta_1 [\alpha \cos(m\varphi_1) + \beta \sin(m\varphi_1)]. \quad (19)$$

Для E_c'' частное решение будет выглядеть аналогично (19). По сути дела выражение (18) представляет собой интенсивность электрической волны на сфере, своего рода «сферическую голограмму», существующую в электролите клеточно-тканевого пространства в сферическом слое толщиной Δr .

Вернемся теперь к волновым компонентам нуклеотидов ДНК. Без ограничения общности можно полагать, что осцилляторы нуклеотидов представляют собой N когерентных электромагнитных излучателей, расположенных вдоль молекулы ДНК. Все эти излучатели следуют друг за другом через одинаковые промежутки длины δ . В этом случае суммарное электрическое поле в направлении под углом φ к линии длинной оси данного участка ДНК с эффективной длиной l будет равно:

$$E(r, t) = E_1(r, t) \sum_{N=1}^{N-1} g^N, \quad (20)$$

где $g = \exp(i k \delta \sin \varphi)$; $k = 2\pi/\lambda$.

После преобразования суммы g получаем:

$$\sum_{N=1}^{N-1} g^N = g^{(N-1)/2} \left(\frac{g^{N/2} - g^{-N/2}}{g^{1/2} - g^{-1/2}} \right) = \exp[ik(N-1)l/2] \psi(\varphi), \quad (21)$$

где $l = \delta \sin \varphi$; $\psi(\varphi) = \sin [(kN\delta \sin \varphi)/2] / \sin [k\delta \sin \varphi]/2$

В итоге для суммарного поля $E(r, t)$ мы получим следующее выражение:

$$E(r, t) = E_1(r, t) \psi(\varphi) \quad (22)$$

Очевидно, что если рассматривать усредненную интенсивность

$$\bar{I}(\varphi) = \bar{I}_0 \psi^2(\varphi), \quad (23)$$

где \bar{I}_0 — интенсивность излучения одиночного нуклеотида (без учета его роли в составе кодонов), то можно сделать заключение о характере распределения интенсивности в сферическом слое Δr .

Таким образом, изложенная модель указывает на возможность существования вокруг молекулы ДНК в составе хромосом сферических солитонов (бризеров), которые в сумме отображают структуру хромосомного континуума и могут двигаться за пределы клеточных ядер или совершать колебательные движения относительно некоего положения равновесия и которые в своей структуре содержат статико-динамические голографические (в общем случае — дифракционные) решетки с эпигенотической образно-семантической нагрузкой. Такие решетки отображают текущее и (или) относительно постоянное пространственно-временное состояние в каждой области многомерной структуры высших биосистем, в которой в данный момент находится бризер. Наличие тепловых возмущений (kT) молекулы ДНК, а также возможность существования фуранозных колец нуклеотидов в виде двух конформаций [3], приводит к усложнению модели и необходимости введения в нее фазовых флуктуаций электронной плотности. Однако, учитывая, что спектр ФПУ может служить преобразователем стохастических колебаний в детерминированные [47], стохастическая компонента динамики колебаний электронной плотности в молекуле ДНК является, вероятно, ее атрибутом.

В рамках обсуждаемой модели фантомный листовой эффект, представленный выше в другой модели, может быть выражен как совокупность сферических бризеров, генерирующих интегральное излучение полиядерного континуума оставшейся неповрежденной части живого листа растения. Запись-считывание статико-динамических голографических решеток в составе сферических солитонов обеспечивает синтез фантома, т. е. волнового фронта, содержащего морфоэпигенетический сигнал.

Необходимо особо подчеркнуть, что наличие спектра ФПУ в электромагнитном излучении молекулы ДНК приводит к чередованию сферических слоев излучения, а именно, — слоев со стохастической динамикой интерференции мод и слоев с детерминированной динамикой. Это связано с существованием пространственного возврата ФПУ,

на длине которого происходит периодическое уширение и существование спектра мод [45].

Представленные количественные модели волновой памяти генома эукариот не противоречивы, но взаимно обогащаются. Сферические солитоны хромосомного континуума содержат в себе статическую, и динамическую информацию о структуре биосистемы. Статика здесь — это жестко наследуемые генетические и эпигенетические признаки организма, генерируемые как реестр голографических матриц хромосомно-«водного» континуума с опережающим отображением перспектив пространственно-временного развития. Динамика — это одновременная запись-считывание динамических голограмм текущей, сиюминутной структуры биосистемы, запаздывающей по отношению к опережающему каскаду статических. Но именно эта постоянно существующая разность текущей структуры и структуры потенциальной и есть стимул к самодвижению организма в его онто- и возможно, — в филогенезе, а также фактор относительного постоянства макроструктуры организма, закончившего морфогенез.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бауэр Э. С., Теоретическая биология., 1935, М., Л., 206 с.
2. Белоусов Л. В., Биологический морфогенез., 1987, Изд. Московского Гос. Университета.
3. Березин А. А., Гладкий А. М., 1988, Деп. ВИНТИ № 904-В88.
4. Бор Н., Избр. тр., 1977, т. 1 - т. 2., Наука.
5. Бульенков Н. А., Биофизика, 1991, т. 36, в. 2, с. 181-243.
6. Василенко Г. И., Тараторил А. М., Восстановление изображений., 1986, М., Радио и связь.
7. Васильев А. А., Галаванова Е. И., Компанец И. Н., Лунякова Г. А., 1990, «Голографическая ассоциативная память с жидкокристаллическим световым затвором в качестве фазово-конъюгированного зеркала», Препринт № 184. Физический Институт АН., Москва.
8. Вернадский В. И., Живое вещество., 1978, М., Наука., 260 с.
9. Вернадский В. И., Филос. мысли натуралиста., 1988, М., Наука., 520 с.
10. Вологодский А. В., Мол. биол., 1985, № 5, с. 687-692.
11. Гл. 1 наст. кн.
12. Гаряев П. П., Татур В. Ю., Юнин А. М., Клаузура ноосферы., 1988, Ноосфера.) М., ч. 1., с. 286-292.
13. Гаряев П. П., Юнин А. М., Энергия, Изд. президиума АН СССР, 1989, № 10, с. 46-52.
14. Глушакова Т. И., Развитие представлений об индивидуальности хромосом., 1983) М., Наука.
15. Гудмен Дж., Статистическая оптика., 1988, М., Мир.
16. Гурвич А. Г., Теория биологического поля., 1944, М., Госиздат.
17. Гурвич А. Г., Избранные труды., 1977, М., Медицина.

18. Настольная кн. по-оптич. голографии., 1979, Н. J. Caulfield. Ed. (Academic Press, New York, 1979), Ch. 4.
19. Зельдович Я. Б., Соколов Д. Д., Усп. физ. наук., 1985, т. 146, № 3, с. 493-506.
20. Иваницкий Г. Р., Крицкий В. И., Морнев О. А., в кн. Кибернетика живого: природа, человек, информатика., 1987, Ред. Макаров И. М., М., Мир., 52 с.
21. Казначеев В. П., Иванова М. П., Михайлова Л. П., Зайцев Ю. И., Бюл. Сиб. отд. АМН СССР, 1986, № 3, с. 12-16.
22. Казначеев В. П., Михайлова Л. П., Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей., 1985, Новосибирск., Наука., 200 с.
23. Кантор Ч., Шиммель П., Биофизическая химия., 1985, т. 3, М., Мир.
24. Козырев Н. А., Астрономическое доказательство реальности 4-мерной геометрии Минковского. Проявление космических факторов на Земле и звездах., 1980, М., Л., Изд. АН СССР., с. 85-93.
25. Кольер Р., Беркхордт К., Лин Л., Оптическая голография., 1973, М., Мир.
26. Конев С. В., Болотовский И. Д., Введение в молекулярную фотобиологию., 1971, Минск., Наука.
27. Копанев В. И., Шаука А. В., Влияние гипогеомагнитного поля на биологические объекты., 1985, Л., Наука., с. 1-72.
28. Крауфорд Ф., Волны., 1984, М., Наука.
29. Кэти У. Т., Настольная книга по оптической голографии., 1982, Ред. Колфилд Г., М., Мир., с. 139-153.
30. Либерман Е. А., Минина С. В., Шкловский-Корди Н. Е., Мозг как система квантовых компьютеров и путь к объединению наук., 1986, Препринт АН СССР., Институт проблем передачи информации., 72 с.
31. Мировицкий Д. И., Будагян И. Ф., Дубровин В. Ф., Микроволновая оптика и голография., 1983, М., Наука.
32. Намиот В. А., Докл. АН СССР, 1988, т. 301, № 6, с. 1372-1375.
33. Пригожий И. Р., Стенгерс И., От хаоса к порядку., 1986, М., Прогресс.
34. Ромоданов А. П., Богданов Г. Б., Ляшенко Д. С., Первичные механизмы действия иглоукальвания и прижигания., 1984, Киев., Вища школа.
35. Синнот Э., Морфогенез растений. М., 1963, Изд. ИЛ., 603 с. 36. Соловьев В. С., Избр. сочинения в 2-х томах. М., 1988, Мысль.
37. Тимофеев-Ресовский Н. В., в кн. Кибернетика живого: природа, человек информатика., 1987, Ред. Макаров И. М., М., Мир., 52 с.
38. Федоров Н. Ф., Избранные труды., 1982, М., Мысль.
39. Ферми Э., Научные труды., 1972, М., Наука., т. 2.
40. Флоренский П. А., Столп и утверждение Истины., 1914, Москва.
41. Хесин Р. Б., Непостоянство генома., 1984, М., Наука.
42. Чижевский А. Л., Земное эхо солнечных бурь., 1976, М., Мысль.
43. Шредингер Э., Что такое жизнь с точки зрения физика?, 1972, М.
44. Эволюция генома., Ред. Доувер Ги Флейвелл Р., 1986, М., Мир., 368 с.
45. Юэн Г., Лэйк Б., Лонгрен К., Икези Х, Солитоны в действии., 1981, М., Мир.
46. Anderson D. Z., «Optical Systems That Imitate Human Memory», Computers in Physics Mar/Apr., 19 (1989).
47. Berezine A. A., Kukushkin P. V., and Andriakin E. I., Physica Scripta 1988, v. 38, P- 719.
48. Berezine A. A., «Can an Electromagnetic Field Exist in a Form of Fermi-Pasta-Ulam recurrence?» J. Phys. D: Appl. Phys., 1989, v. 22, p. 577-583. •
49. S. Caorsi, G. Ogno, In: Proc. MELECON'85. Mediterr. Electrotechn. Conf. (Amsterdam, 1985) Vol. 1, 61-64.

50. J. K. Choudhury, P. C. Kejarival, A. Chattopadhyay, *J. Inst. Ing.* 60-BL3, 61-73J (1979).
51. W. B. Ghwirot, *Plant. Physiol.* 122, 81-86 (1986).
52. B. H. Soffer, G. S. Dunning, Y. Owechko, E. Marom, «Associative (Hok) graphic Memory with Feedback Using Phase-Conjugate Mirrors,» *Opt. Lett.* 11, 118 (1986).
53. G. J. Dunning, E. Marom, Y. Owechko, B. H. Soffer, «All-Optical Associative Memory with Shift Invariance and Multiple Image recall,» *Opt. Lett.* 12, 346 (1987).
54. H. Frolich, *Collective Phenomena* 3, 139-146 (1981).
55. J. J. Hopfield, «Newral networks and physical systems with emergent collective computational abilities.» *Proc. Natrl. Acad. Sci. USA* 79, 2554 (1982).
56. J. J. Hopfield, «Artificial newral networks.» *IEEE Circuits. Device Magazin*, 4, (1988)
57. D. T. Kuhn, D. F. Woods, and D. J. Andrews, *Genetics* 99, 99-107 (1981).
58. F. Iivolant, «Cholesteric organization of DNA in vivo and in vitro,» *Europ. J. Cell Biol.* 33, 300-311 (1984).
59. W. Nagl, F. A. Popp, *Cytobioe.* 37, 45-62 (1983)
60. R. Nobili, *Phys. Rev. A: Gen. Phys.* 32, 3618-3623 (1985).
61. R. Nobili, *Phys. Rev. A: Gen. Phys.* 35, 1901-1922 (1987).
62. Y. Owechko, G. J. Dunning, E. Marom, B. H. Soffer, «Holographic associative memory with nonlinearities in the correlation domain,» *Appl. Opt.* 26, 1900 (1987).
63. V. D. Paponov, *Zagodnienia Biofizyki Wspolczesnej* 13, 17-41 (1988)
64. F. A. Popp, B. Ruth, J. Bohm, W. Bahr, G. Grass, M. Grollig, M. Rut tenmeyer, H. G. Schmidt, P. Wulle, «Emission of Visible and Ultraviolet Radiation by Active Biological Sistsms,» *Collective Phenomena* 3, 187-214 (1981).
65. D. Psaltis, X.-G. Gu, and D. Brady, «Fractal Sampling Grids for Holographic Interconnections,» *Proc. SPIE* 963, 468-474 (1988).
66. V. I. Scherbak, *J. Theor. Biology* 132, 121-124 (1988); 139, 271-283 (1989).
67. A. Szoke, «X-Ray and Electron Holography Using a Reference Beam,» *U Proceedings, Short Wave-length Coherent Radiation and Amplification*, 361-367 (1986).
68. T. Tschudi, A. Herden, J. Goltz, H. Klumb, F. Laeri, J. Albers, «Image Amplification by Two- and Four-Wave Mixing in BaTiO Photorefractive Crystals,» *IEEE J. Quant. Elect* QE-22, 1493 (1986).
69. J. Widom, *Nature* 309, 312-313.
70. S. Weiss, S. Sternklar, and B. Fisher, «Double Phase-Conjugate Mirror analysis Demonstration and Application.» *Opt. Lett.* 12, 114-116 (1987).

5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВОЛНОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДНК (по материалам совместной работы с М. Ю. Масловым и В. А. Щегловым)

Марио Салерно первым начал математическое экспериментирование с солитонами на ДНК не только как с формальными физическими абстракциями, но попытался связать их поведение в одномерном пространстве полинуклеотида с его биогенетическими, а если точнее, — с эпигенетическими функциями [1]. При этом он развил пионерскую модель уединенных волн на ДНК, предложенную Инглендером [2].

Эта модель (и, в последующем, — ее более развитые формы [3—16]) была описана в понятиях механических систем с цепочками оснований, сочетанных с упругим сахарофосфатным остовом. В непрерывном пределе эти модели ведут к хорошо известному уравнению синус-Гордона или к уравнениям, близким ему, и к понятиям динамических свойств ДНК, рассматриваемым в [1—16] и в настоящей монографии.

Вслед за Салерно основное внимание мы уделили реально существующим известным последовательностям ДНК в плане анализа поведения солитонов, инициируемых на различных участках ДНК, участках, которые несут определенные функции по обслуживанию синтеза белков, и сравнению с динамикой солитонов на искусственных произвольно заданных последовательностях.

Как уже неоднократно подчеркивалось, представляется логичным, что эпигенетические функции солитонов, в том числе и солитонов, описываемых уравнением синус-Гордона, могут, в частности, заключаться в «считывании» последовательности ДНК и «трансляции» информации об этой последовательности во внутри- или внеклеточное пространство, что небесполезно для биосистемы. Особенно важен такой гипотетический процесс в актах самоорганизации хромосом после митоза-мейоза и при репарационных процессах поврежденного генома (двойные разрывы ДНК, делеции хромосом). Такие считывающие солитоны, образующие многоликое семейство, связанное по математической линии, могут при хромосомных абберациях выполнять «парольные функции», ориентируя торец в торец разорванные нити ДНК по их смысловой нагрузке или при дальнем взаимоузнавании «липких» концов фрагментированного полинуклеотида для последующей сшивки. При делеции же достаточно большого куска хроматина распознавание гомологичного участка парной хромосомы для вставки его на место

делеции будет осуществляться уже с привлечением ассоциативно-голографических механизмов, которые обсуждались в предыдущих разделах.

Заманчиво расширить идею таких солитонных волновых маяков до принципов биогенеза полевых матриц для безматричного синтеза полипептидов и полинуклеотидов. Это будет выход в другое измерение функций ДНК, РНК, белков, связанное с новым видом памяти биосубстратов, показанное ниже по крайней мере для ДНК (фантомы ДНК). В гл. 7 приведены экспериментальные доказательства образования фантомов молекулами ДНК и предположительные механизмы их генерации. Дана также версия биофункций фантомов ДНК. Работа находится в начальной стадии и требует фундаментальных исследований, один из ключевых вопросов которых: каковы действительные функции фантомов ДНК? Имеется ли связь между солитонами и фантомами ДНК? Относительно простой модельной системой зондирования возможных направлений биологического действия фантомов ДНК являются бесклеточные ферментативные системы синтеза ДНК и РНК.

Хорошо известны обычные реакции биополимеризации ДНК и РНК с помощью ДНК- и РНК-полимераз на матрице ДНК, а также ревертазный синтез ДНК на РНК *in vitro*-*in vivo*. В этих случаях имеет место чисто вещественный комплементарный матричный передачи информации с полимера на полимер. Однако, с конца 60-х обнаружено, что репликаза фага *Q β* способна синтезировать определенные последовательности РНК без матрицы ДНК, что не укладывается в парадигму молекулярной биологии: ДНК \rightarrow РНК \rightarrow Белок (см., напр., [17]). Следовательно, бесклеточная система (*Q β* репликаза + + рибонуклеозидтрифосфаты) получает генетическую информацию невещественным путем. Вполне вероятно, что эти «невещественные» информационные функции осуществляют обнаруженные нами фантомные структуры, генерируемые всеми геноструктурами, в том числе и ДНК фага *Q β* . Можно полагать, что и другие ферменты синтеза нуклеиновых кислот в той или иной степени способны к акцепции фантомных геносигналов. Если это действительно так, — открываются иные измерения в управлении биосистемой и скачок в социо- и биотехнологии.

Однако, необходимо вернуться в жесткие рамки математического моделирования солитонов на ДНК, предложенного Салерно. Вводимый им формализм базируется на положении, что вращательные движения оснований ДНК вокруг сахара-фосфатного остова в представлении уравнения синус-Гордона моделируют нелинейную динамику цепи уп-

руго связанных маятников, каждый из которых как осциллятор представлен канонической парой, содержащей генетическую информацию (последовательность нуклеотидов) в форме некой потенциальной функции. Она отражает специфику водородных связей между парами оснований. Поскольку для АТ-пары водородная связь двойная, а для ГЦ-пары — тройная, получается простое правило для создания цепи, соответствующей последовательностям ДНК, т. е. можно зафиксировать отношение между силой потенциальных функций АТ и ГЦ пар как 2:3, в то время как отношение между энгармонизмом (нелинейностью, определяемой вращением оснований) и дисперсией (сахара-фосфатные упругие натяжения) находятся как свободный параметр, фиксируемый в экспериментальных данных. В результате мы обнаружили, что различные участки естественных (природных) ДНК ведут себя по отношению к возбуждаемой на них солитонной волне не одинаково. Кроме того, в отличие от Салерно, мы зондировали естественные и произвольные последовательности ДНК солитонами типа бризеров (подробности см. ниже).

В модели Салерно рассматривается степень свободы (degree of freedom), характеризующая вращение оснований в плоскости, перпендикулярной оси спирали В-формы ДНК вокруг остова молекулы.

Такая вращательная динамика играет важную роль в функционировании ДНК, поскольку в определенных случаях это приводит к раскрытию водородных связей комплементарных пар оснований и к экспозиции их в сферу влияния внешних лигандов. Строгие теоретические расчетные и экспериментальные данные, основанные на кинетике и равновесных состояниях при водородно-дейтериевом обмене в растворах ДНК и синтетических полинуклеотидных дуплексов, дали возможность Салерно предложить реалистическую модель раскрытия когерентных подвижных сегментов ДНК. Подобные расширенные (10 пар оснований и более) открытые регионы ДНК могут представлять из себя термически активированное (при физиологических температурах биосистем) солитонное крутильное возбуждение двойной спирали. Модель этого возбуждения (движения) предполагает, что каждое основание образует пару с комплементарным (стерически совместимым) основанием с одинаковыми водородными связями, которые образуют упругие тормозящие силы. Вместе с тем, образуется энгармонизм этих связей, т. к. чередование двойных и тройных связей в последовательностях естественных ДНК неоднородно.

В точках крепления оснований на остове ДНК углы их поворота варьируют на величины, характерные для АТ и ГЦ пар. В [1] канонические вариации углов поворота обозначены Ψ_i и Θ_i . Потенциал фун-

кции между парами оснований описываются простой косинусоидой, а гамильтониан такой модели будет следующим:

$$H = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} \left\{ I_i (\Psi_i^2 + \Theta_i^2) + k_i (\Psi_{i+1} - \Psi_i)^2 + k_i (\Theta_{i+1} - \Theta_i)^2 + \eta_i [1 - \cos(\Psi_i - \Theta_i)] \right\}, \quad (1)$$

где k_i и k_i обозначают константу упругости вдоль двойной спирали, I_i — есть момент инерции индивидуальных оснований, N — число пар в цепи, η_i — нелинейный параметр, используемый как сила водородных связей между комплементарными основаниями.

Как отмечено выше, выбор коэффициентов η_i в уравнении (1) осуществляется в соответствии с правилом $\eta = \lambda_i \beta$ при $\lambda = 2$, если это относится к АТ и ТА парам, и $\lambda = 3$ в случае ГЦ и ЦГ пар. β — свободный параметр, который будет определен ниже.

Для простоты учитываются только однотипные тормозящие силы (restoring forces) и однотипные моменты инерции вдоль 2-х одноцепочечных нитей двойной спирали ДНК. Поэтому $k_i = k_i = K$, $I_i = I$, $i, j = 1, \dots, N$.

Уравнения движения, полученные из уравнения (1) по [1], записываются как —

$$\begin{cases} I\Psi_i = K(\Psi_{i+1} - 2\Psi_i + \Psi_{i-1}) - \frac{\beta}{2} \lambda_i \sin(\Psi_i - \Theta_i) \\ I\Theta_i = K(\Theta_{i+1} - 2\Theta_i + \Theta_{i-1}) - \frac{\beta}{2} \lambda_i \sin(\Theta_i - \Psi_i) \end{cases}, \quad (2)$$

из которых выводится следующее уравнение для разности углов $\Phi_i = \Psi_i - \Theta_i$ между комплементарными основаниями:

$$\Phi_i = \Phi_{i+1} - 2\Phi_i + \Phi_{i-1} - \frac{\beta}{K} \lambda_i \sin(\Phi_i). \quad (3)$$

В этом уравнении шкалированное время соответствует $t \Rightarrow \sqrt{I/k_i}$ как уменьшающийся параметр в прямом отношении β/K между ангармонизмом и дисперсией. Для определения этих параметров в работе [1] использованы значения β и K , опубликованные в [8] и полученные сочетанием данных модели синус-Гордона и экс-

периментов. Это дает значения β/K между 10^{-9} — 10^{-4} , которые обеспечивают стабильность решения солитонного волнового уравнения (3). Наконец, в [1] отмечено, что в случае однотипных нелинейных параметров $\lambda_i \equiv \lambda$, $i = 1, \dots, N$ уравнение (3) преобразуется в континуальном пределе в хорошо известное уравнение синус-Гордона

$$\Phi_{xx} - \Phi_{tt} - \sin(\Phi) = 0, \quad (4)$$

с точными солитонными решениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi(x,t) = 4 \tan^{-1} \left\{ \exp \left[\gamma(x - vt - x_0) \right] \right\} \\ \gamma = (1 - v^2)^{-1/2} \end{array} \right\} \text{ «кинк»} \quad (5)$$

и

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi(x,t) = \frac{4 \tan^{-1} \gamma \sin \left[\gamma(x - vt - x_0) \right]}{v \operatorname{ch}(\gamma(x - vt - x_0))} \\ \gamma = (1 - v^2)^{-1/2} \end{array} \right\} \text{ «бризер»} \quad (6)$$

Эти решения и использовались в качестве начальных условий для численного интегрирования системы (3).

В соответствии с моделью Салерно для исследования динамики солитонов на последовательностях ДНК мы интегрировали уравнение (3) со значениями λ_i , соответствующими конкретным ДНК.

Математические эксперименты с естественными и искусственными последовательностями ДНК

В качестве одной из последовательностей ДНК, в которых возбуждались солитонные волны по Салерно был взят с-район на 3'-конце вируса саркомы птиц, содержащий 1020 пар нуклеотидов (ASV, штамм Schmidt-Ruppin B [18]). На рис. 1 и 2 приведены характерные паттерны распределения солитона в одномерном пространстве нити ДНК в зависимости от времени с возбуждением участков полинуклеотида в

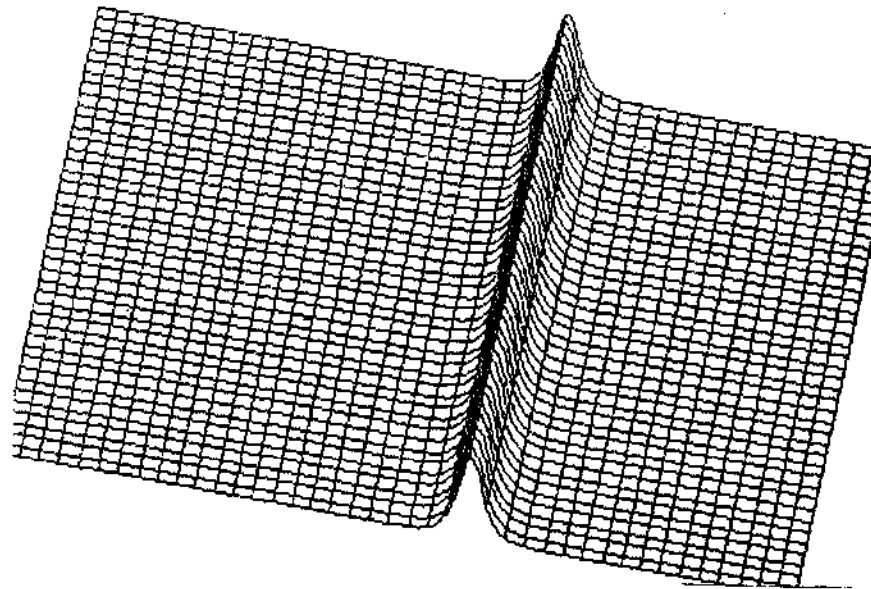
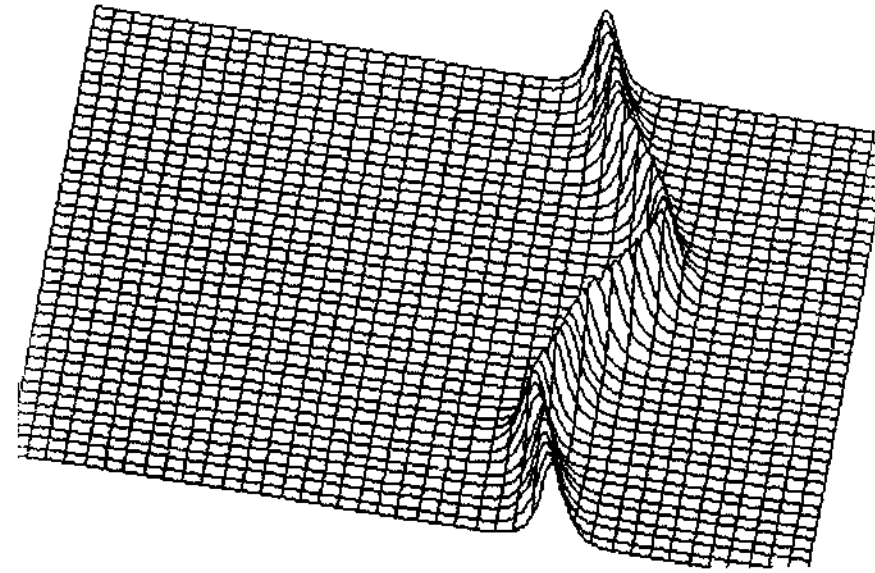


Рис. 1. Солитон, аналогичный полученным в [1], на отрезке ДНК из вируса саркомы птиц. Горизонтальная ось — последовательность ДНК. Вертикальная ось — амплитуда солитона. Ось на зрителя — время. Инициация солитона в районе 600-й пары нуклеотидов. Приведена последовательность ДНК (1 → 1020, 5' → 3').

районе 600-й и 650-й пар оснований. Сдвиг возбуждения всего на 50 пар приводит к резкому изменению траектории движения волны по ДНК во времени: в области 600-й пары солитон неподвижен, а в районе 650-й делает сложные колебания со специфическим спектральным составом. Заметим, что участки запуска солитонов несут определенную функциональную нагрузку в регуляции синтеза белка: в районе 600-й пары оснований располагается два терминаторных кодона T1, а в окрестности 650-й пары размещена Rep-последовательность в сочетании с двумя терминаторными кодонами T1.

Аналогичное явление можно наблюдать и на последовательности онкогена *v-mos^{Mo}* вируса саркомы мышей (Mo-MuSV, 1547 пар нуклеотидов). Последовательность взята из работы [19]. В районах 1000-й и 1200-й пар спектральный состав колебаний солитона вдоль цепи ДНК резко различается, но в данном случае какую-либо привязку его поведения к регуляторным кодонам сделать трудно, поскольку таковых в этих участках ДНК нет. Тем не менее, сама последовательность нуклеотидов, как это явствует из работы Салерно [1], а также из ука-



```
ggcctatgtggagaggatgaactacgtgaccgagacctgcggggggccaacat
cctggtgggggagaacctggtgtgcaaggtggctgacttgggctggcacgct
caccgaggacaacgagtagacacagcagcgcaaggtgcaagtccccatcaagtg
acagccccgaggcagccctctatggccggttcaccatcaagtcggatgtctgc
tcctcgggcacectgctgactgagetgaccaccaagggccgggtgccalacca
gggatgggcaacggggagggtgctggaccgggtggagaggggctaccgatgcc
tgccccccgagtgccccgagtcgctgcatgacctatgtgccagtgtgcccgg
agggaccctggaggagcggccactlctgagctacctgcagggccagctgctc
cctgctgtgtgttgaggctgctgagtagtgcgagtaaaatlaagctaca
acaaggcaaggcttgaccgacaattgcatgaagaatctgcttagggtaggcgt
tttgcgctctcgcgatgtacgggccaagatatacgcgtatctgaggggactag
gggtgtttagggcaaaagcgggctcgggtgtacgagggttaggagtccectc
aggatatagtagtcttgcctlttgcatagggaggggaaatgtagtctatgcaa
tactctgtagcttgcacatggtaacgatgagttagcaacataccttacaag
gagagaaaaagcaccgtgcaigccgattggtggaagtaaggtggaacgatcgtg
cctlaitaggaaggcaacagaccgggtctgacatggattggacgaaccactgaa
ttccgcatgcagagatattgattaaagtgcctagctcgatacaataaacgcc
attgaccattcaccacattggtgtgacctgggtgatgctggaccctgcgat
tcctaacgattgcgaacacctgaatgaagcagaaggctcatt
```

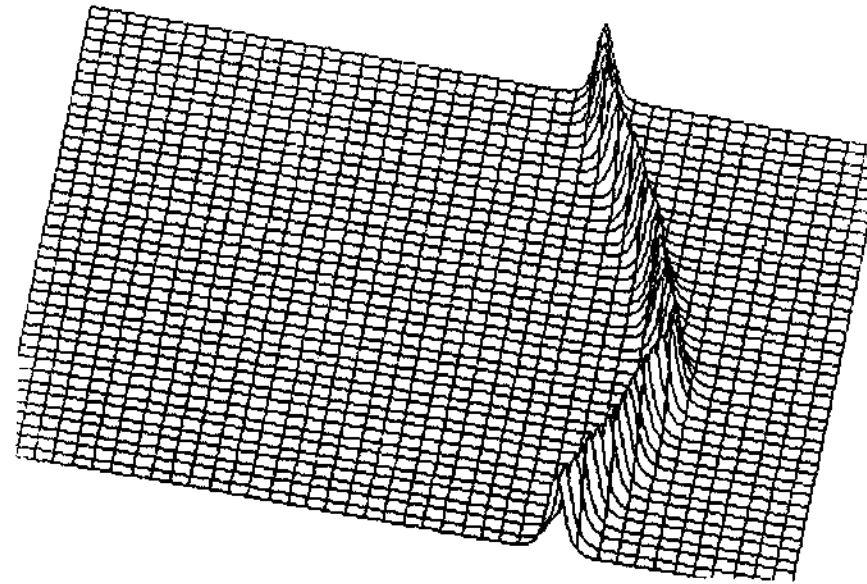
Рис. 2. То же, что на рис. 1. Инициация солитона в районе 650-й пары нуклеотидов. Обозначения осей те же.

занных примеров, определяет поведение солитонного возбуждения (рис. 3 и 4).

Реагируют ли другие типы солитонов на последовательность нуклеотидов? Поскольку для одной из разновидностей солитонов, т. н. бризеров (бионов), известно, что они могут равномерно двигаться, ускоряться или замедляться вблизи неоднородностей [20], логично было ожидать, что неоднородности в виде чередования АТ и ГЦ пар в ДНК также будут модулировать траектории бризеров во времени. Действительно, когда мы взяли участок ДНК из 259 пар нуклеотидов (5' → 3' концы) из того же вируса саркомы птиц, то обнаружилось, что инициация бризера с некоторой начальной скоростью в центральном участке выбранного отрезка полинуклеотида вызывает модуляции в его поведении — изменение траектории во времени (рис. 5). Проверка этого феномена была проведена также в модельном эксперименте. Для этого использовали 240 пар нуклеотидов, в которых 120 АТ пар следовали за 120-ю ГЦ парами, образуя барьер. Возбуждение проводили на этом барьере, т. е. на границе раздела АТ- и ГЦ- массивов. Сразу после инициации бризера последний отражался от ГЦ- массива, двигался к концу цепочки в сторону АТ-массива, отражался от конца цепочки (АТ и ГЦ концы фиксированы), вновь отражался от ГЦ-массива. Далее все повторялось (рис. 6). Если же брали однородную последовательность из 240 ГЦ пар, то бризер оставался неподвижным (рис. 7). Модуляции в поведении бризера обнаружались и при возбуждении солитонной волны на различных зонах исследуемого участка ДНК из вируса саркомы птиц (рис. 8, рис. 9).

Модель возмущений ДНК была разработана нами в том отношении, что вводились локальные возбуждения определенных участков ДНК, в противоположность тому, что делал Салерно, вводя граничные условия в виде упругого вращения всех нуклеотидов справа от начала инициации солитона. Задаваемые нами возмущения цепочки ДНК были разнообразны как по форме, так и по амплитуде.

При использовании определенных начальных условий обнаружилось, что бризероподобные волны возникают на естественных и искусственных отрезках ДНК даже без точного решения уравнения синус-Гордона для бризера. Часть таких примеров приведена на рис. 9-12.



```
ggccccatggcctcaccccatatgagatcttatgtggggcacccccgccctt
glaaacctccctgacctgacatgacaagagttactaacagccctctctccaa
gctcacatacaggetctctacttagtccagcacgaagctcggagacctctggcg
gcagctaccaagaacaactggaccatcctctagactgacatggcgactcaac
gccatgctcccaacttccctggctgttctaatcatttccctagtgctca
tgtgactgtcccatctgagggtglaatgccttgcctgttctctgtggccatca
agcaagtaacaagtgaccaggacactacgtgcacccagcggagttctggg
ctgaactgaacattgaggactacgccagacaacatagltgggttggctg
ccagcagcgcgacgccccgaagactccaacagcctaggtaaccataatcatggagt
ttgggggcaacgtgactctacccaagtcactacgatgccaccgctcaccgg
agccctcagctgcagaaaacagcgaacatttgalltagtgagcaggactttg
taagatcagtgactcggctgctcccagaagctgcaggatctcggggccggca
ggcctcccctcccacatagggggcacgtacacgccaagctccggagatcct
aaaaggagagattgccacgcccgaagctgacatctactctttggaaacacct
gtggcagatgactaccagagaggtgccttactccggcgaacctctgtacgtgca
gtatgcagtggttagcclacaactctgcctcactggcaggagcgggttccac
cgctcccctgactggaaaggcactgcagaacatcaccagactgaactgctcc
aaagggacctcaaggcttccgagggacactaggctgactcactcagccagtg
tagagataagctttgtttctgtttttatgggacccctattgtactcc
taatgattgcctcgacctatcattcattagccaatttggtaaacagcagg
atatcagtggtccaggctctagctttagctcaacaatcaccagctgaagcct
atagagtacgagccatagttaaaataaaagattt
```

Рис. 3. Солитон по Салерно на отрезке онкогена вируса саркомы птиц. Инициация в районе 1000-й пары нуклеотидов. Обозначения осей те же. Приведена последовательность ДНК (1 → 1547, 5' → 3').

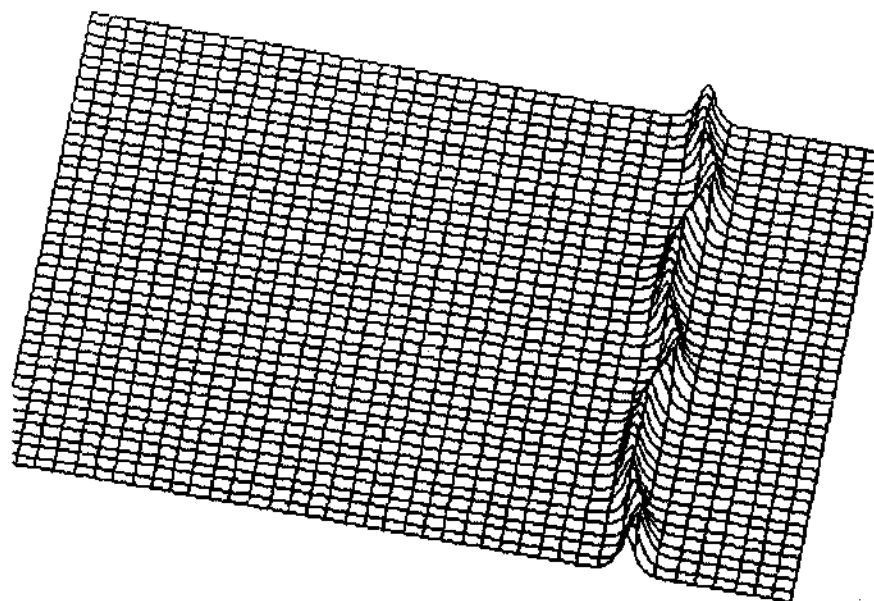
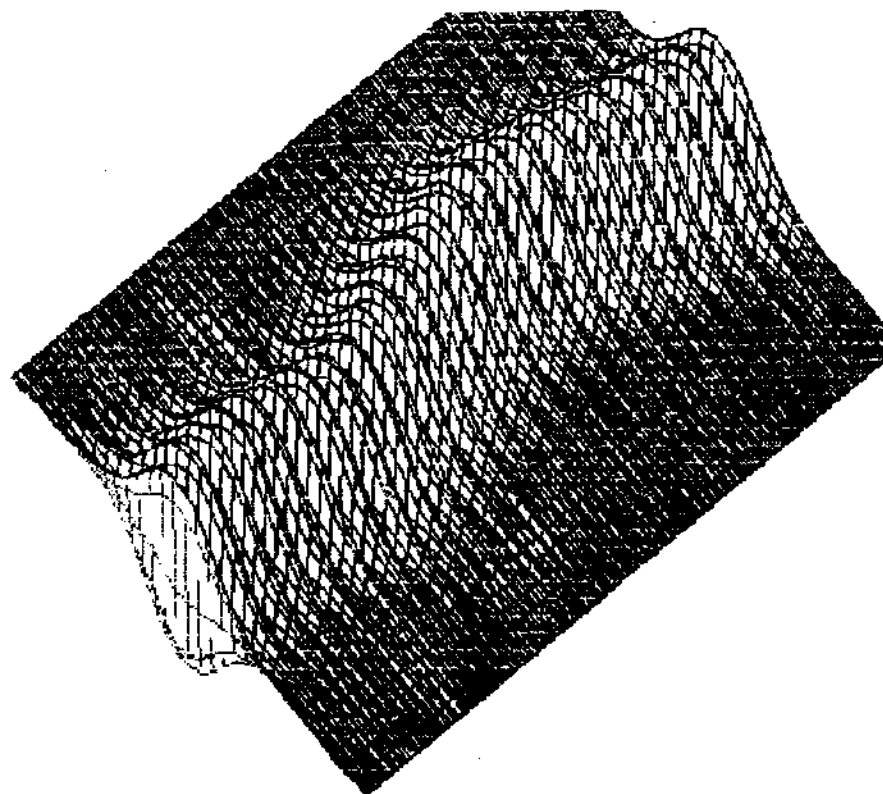


Рис. 4. То же, что на рис. 3. Инициация солитона в районе 1200-й пары нуклеотидов. Обозначения осей те же.

Послед-сть: sarkbeg.Dna Нач. усл.: Бризер Гранич. усл.: Фиксиров. концы



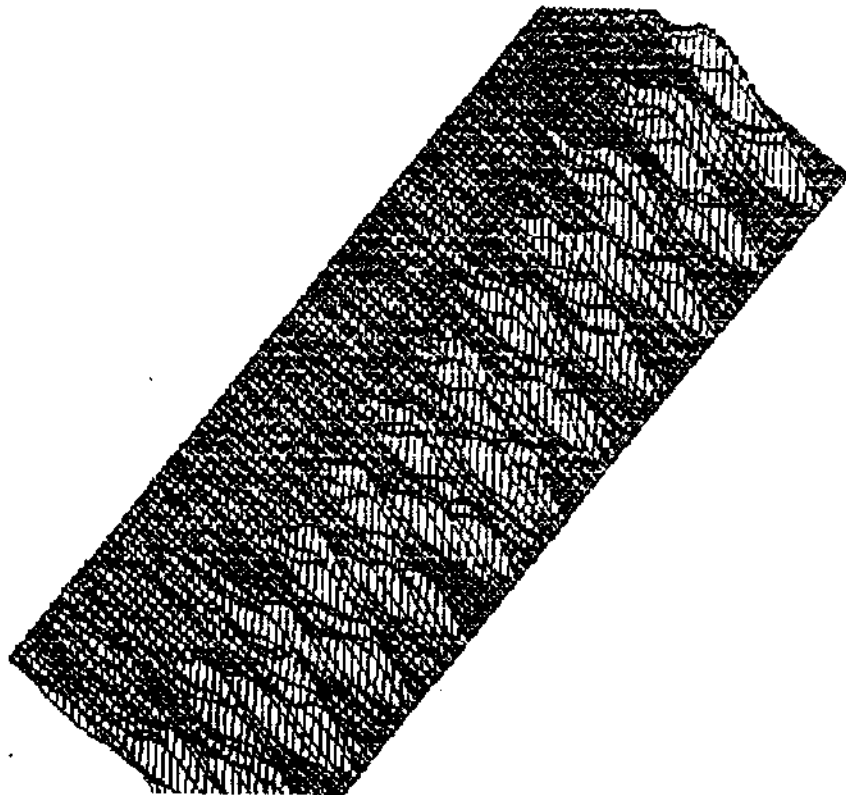
```

ggcctatgtggagaggatgaactacgtgcaccgagacctgcgggcgccaacat
cctggtgggggagaacctggtgtgcaaggltgctgactttgggctggcagcct
catcgaggacaacgagtacacagcacggcaaggtgcaagttcccaatcaagtgg
agagcccccgaggcagccctctatggccggttcaccatcaagtggatgctgg
tccttggcatcctgctgactgagctgaccaccaaggcggggtccataccca
gggatgggcaacgggaggtgctgaccgggtggagaggggctaccgcatgcc
tgccgcccagtgcccagtgctgcatgacctatgtgcccagtgctggcg
agggacctggaggagcgcccactttcgagctacctgag

```

Рис. 5. Бризер на коротком отрезке ДНК из вируса саркомы птиц. Видно искривление траектории солитона во времени. Обозначения осей те же. Приведена исследуемая последовательность ДНК из вируса саркомы птиц (1 → 259, 5' → 3').

Послед-сть: barrier.Dna Нач. усл.: Бризер Гранич. усл.: Фиксиров. концы



Послед-сть: barrier.Dna Нач. усл.: Бризер Гранич. усл.: Фиксиров. концы

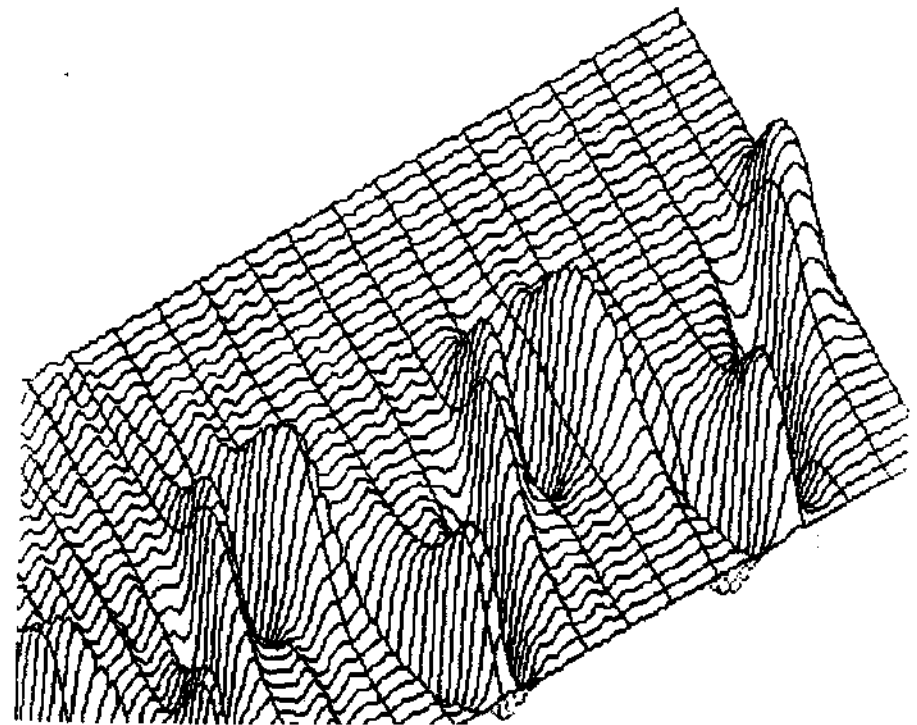


Рис. 6б. Увеличенный фрагмент графика правой части рис. 6а.

```

cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
cccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccccc
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
aaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa

```

Рис. 6а. Бризер на искусственной последовательности ДНК, состоящей из ГЦ- и АТ-блоков. Обозначения осей те же.

Послед-сть: sarkoma.Dna Нач. усл.: Бризер Гранич. усл.: Фиксиров. концы

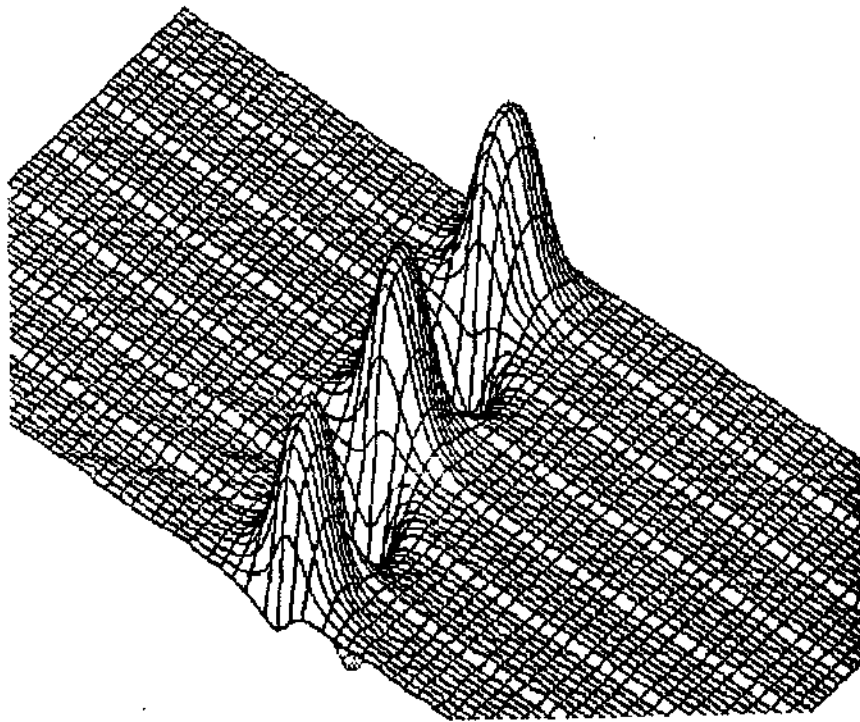


Рис. 8а. Бризер (функция) на длинном отрезке ДНК из вируса саркомы птиц. Инициация в районе 450-й пары нуклеотидов. Обозначения осей те же.

Послед-сть: sarkoma.Dna Нач. усл.: Бризер Гранич. усл.: Фиксиров. концы

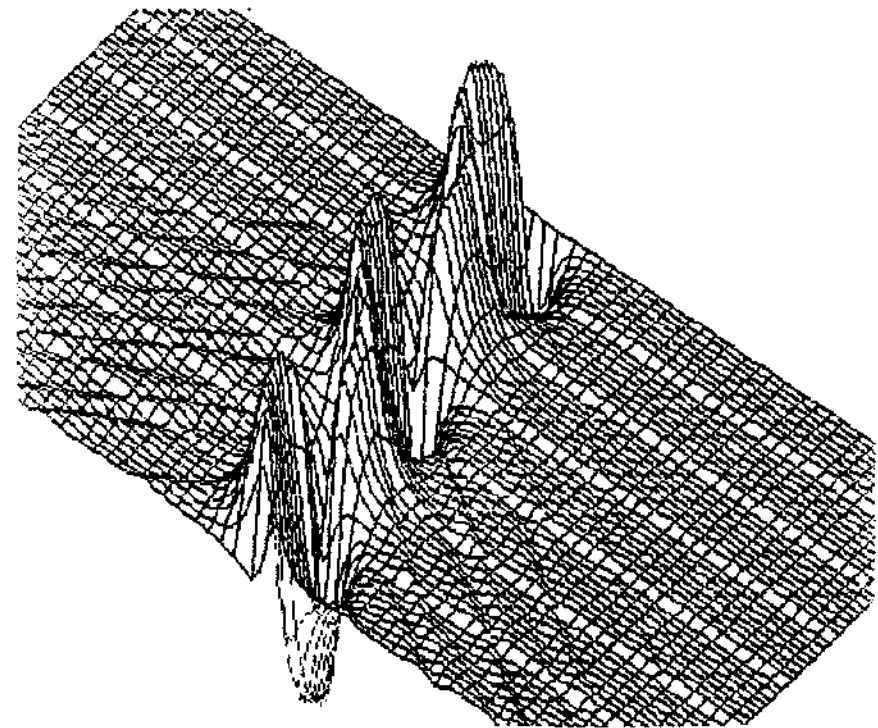


Рис. 8б. То же, что на рис. 8а, но бризер представлен как производная от функции. Выявляются дополнительные модуляции солитонной волны, вероятно, от последовательности нуклеотидов (волна смещается по цепочке ДНК). Обозначения осей те же.

Послед-сть: sarcoma.Dna Нач. усл.: Файл var2.flb Гранич. усл.: Фиксиров.

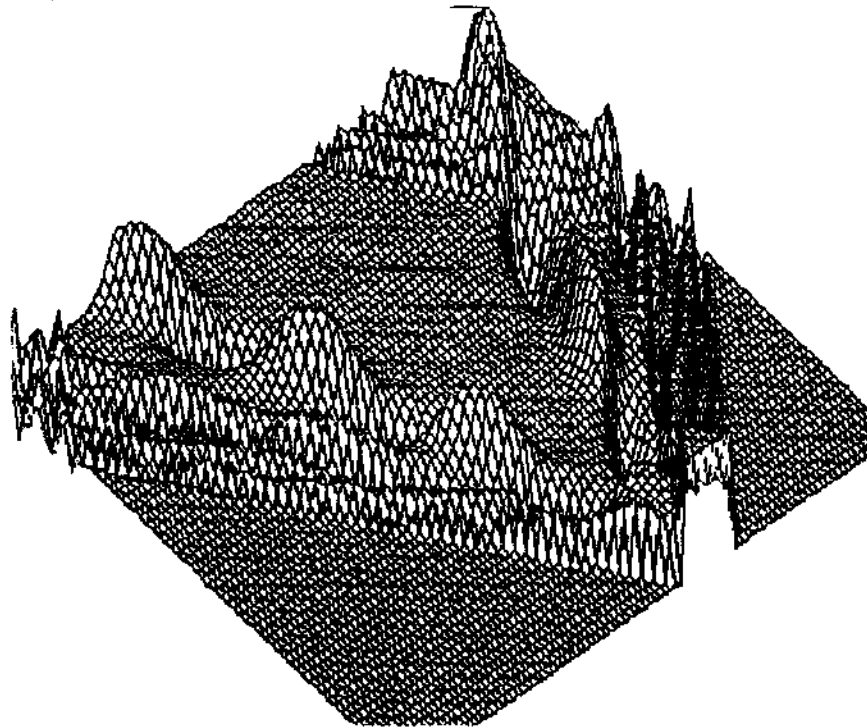


Рис. 9. Локальное возмущение участка ДНК из вируса саркомы птиц в центральной части цепочки (поворот нуклеотидов на 2π с последующей релаксацией). Видна П-образная форма возмущения. Ось на зрителя — последовательность ДНК. Горизонтальная ось — время. Вертикальная ось — амплитуда солитона.

Послед-сть: roly_at.Dna Нач. усл.: Файл var2.flb Гранич. усл.: Фиксиров.

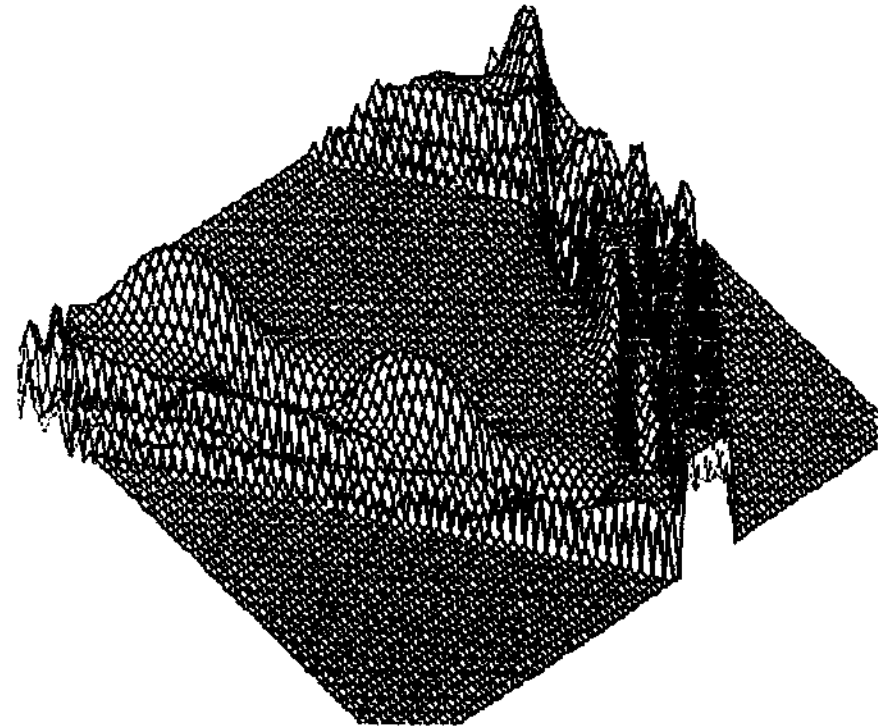


Рис. 10. То же, что на рис. 9., но для сравнения взят отрезок ДНК в виде повторяющихся АТ-пар нуклеотидов с той же длиной. Заметно различие в распределении возбуждения относительно ДНК из вируса саркомы.

Послед-сть: poly_at.Dna Нач. усл.: Файл var2.flb Гранич. усл.: Фиксиров.

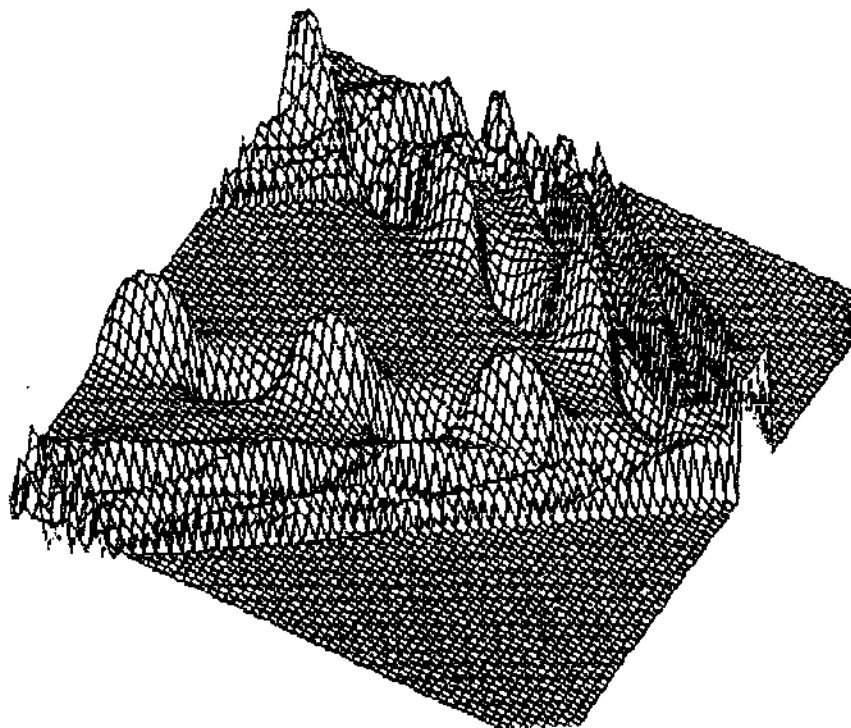


Рис. 11а. То же на поли-ГЦ полимере ДНК. рис. 8б. То же, что на рис. 8а, но бризер представлен как производная от функции. Выявляются дополнительные модуляции ; солитонной волны, зависмые, вероятно, от последовательности нуклеотидов (волна смещается по цепочке ДНК). Обозначения осей те же.

Послед-сть: poly_g.Dna Нач. усл.: Файл var2.fl Гранич. усл.: Фиксиров. концы

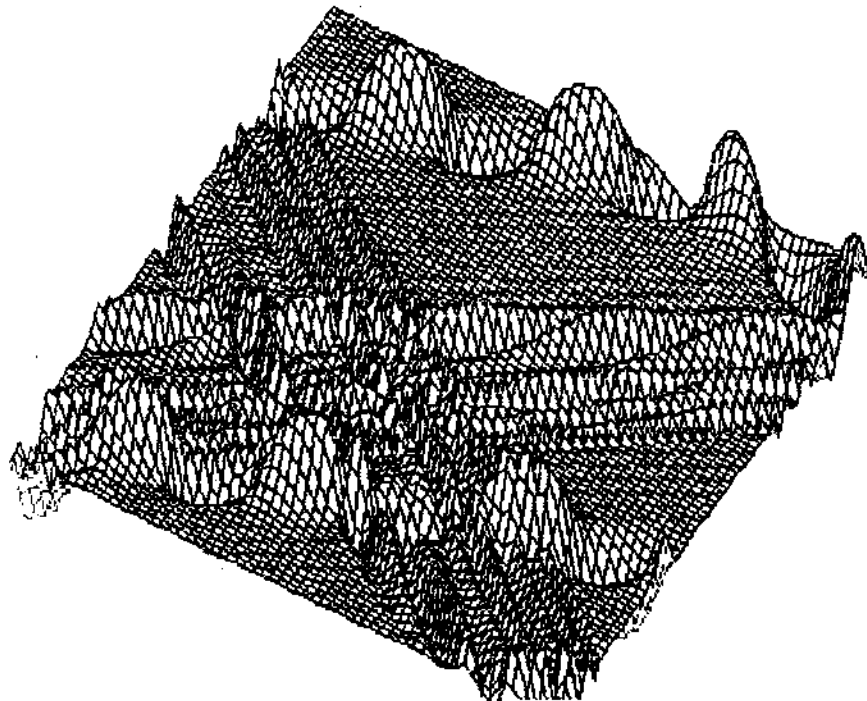


Рис. 11б. Продолжение графика, приведенного на рис. 11а. Затухание колебаний бризера отсутствует. Наблюдается отражение одной из ветвей бризера от конца цепочки ДНК.

Послед-сть: poly_ag.Dna Нач. усл.: Файл var2.lfb Гранич. усл.: Фиксиров.

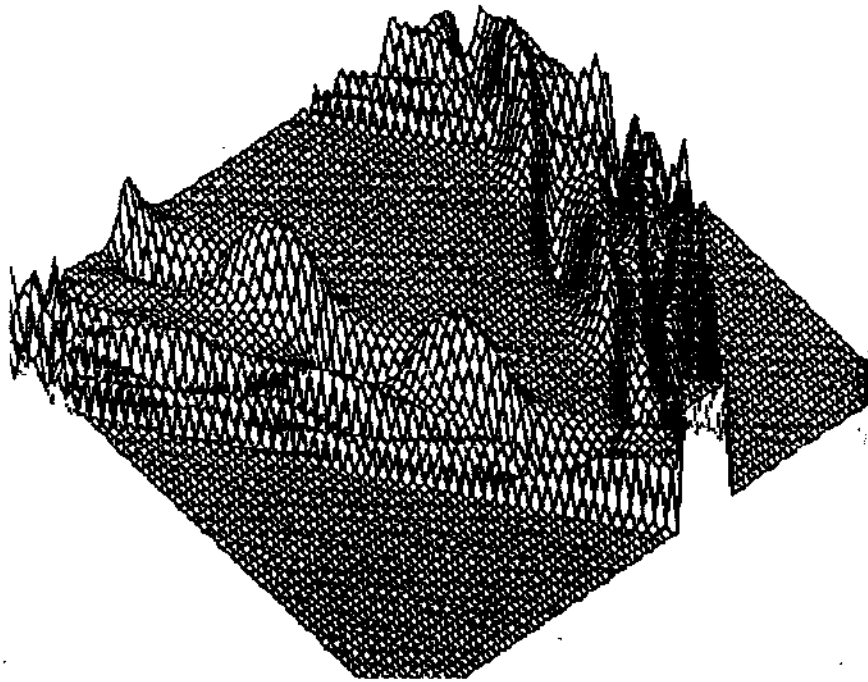


Рис. 12а. То же на поли-АТ-ГЦ полимере ДНК с монотонным чередованием АТ- и ГЦ-пар.

Послед-сть: poly_ag.Dna Нач. усл.: Файл var2.il Гранич. усл.: Фиксиров.

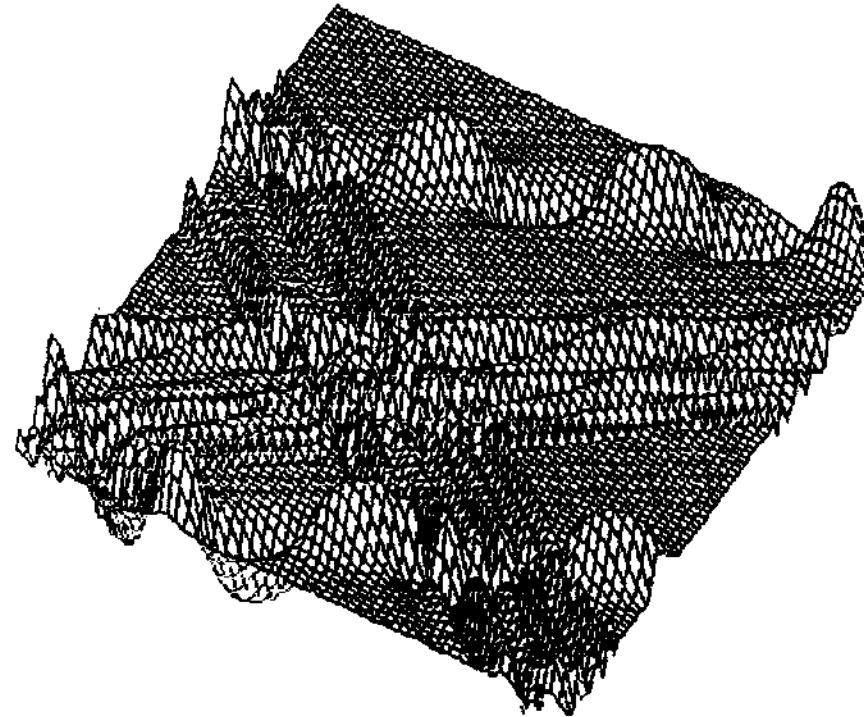


Рис. 12б. Продолжение графика, приведенного на рис. 12а. Отсутствует затухание колебаний бризера, что, в общем, характерно для солитонов. Наблюдаются вторичные волны, аналогичные тем, что видны на рис. 8-11 и ранее не известные. Здесь, как и на рис. 9-12а, регистрируется зависимость распределения солитонного возмущения от последовательности ДНК.

Обсуждение

В предшествующих главах не раз чисто умозрительно обсуждалась идея «чтения» солитонами первичной структуры ДНК и более высоких уровней ее организации. В данной части работы эта мысль получает определенную физико-математическую поддержку. Хотя солитонные волны в ДНК рассмотрены в предельно упрощенных условиях, без учета влияния структурированной на полимере «воды», которая по топологии, симметрии и метрике в своих фрактальных структурах должна повторять архитектонику ДНК [21] и каким-то образом акцептировать солитонное возбуждение и, вероятно, транспортировать его по водному клеточно-межклеточному континууму. Не учтены также факторы модуляции солитонов гистонами, протаминами и другими белками кариоплазмы. Не рассматриваются также и ДНК-ядерно-мембранные влияния. Это — следующие задачи, несравненно более высокого уровня. В рамках проведенных первичных математических экспериментов обозначилась и очевидная обратная задача: если солитоны осуществляют «запоминание» структур ДНК в своих амплитудно-траекторных модуляциях, то естественно считать практически возможной генерацию этой информации за пределы ДНК, что коррелирует с нашими экспериментами по дистантной передаче волновых морфо-генетических сигналов. В математическом плане это должно найти отображение в форме генерации солитоном последовательности нуклеотидов в адекватной (читаемой человеком) форме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Salerno M., Phys. Rev. A., 1991, v. 44, N 8, p. 5292-5297.
2. Englander S. W., Kallenbach N. R., Heeger A. J., Krumhansl J. A., Litwin S., Proc Natl. Acad. Sci. USA, 1980, v. 77, p. 7222.
3. Yomosa S., J. Phys. Soc. Jpn., 1982, v. 51, p. 3318; 1983, там же, v. 52., p. 1866.
4. Takeno S., Homma S., Prog. Theor. Phys., 1983, v. 70, p. 308.
5. Yomosa S., Phys. Rev. A., 1983, v. 27, p. 2120; 1984, там же, v. 27, p. 474.
6. Homma S., Takeno S., Prog. Theor. Phys., 1984, v. 72, p. 679.
7. Chung-Ting-Zhang., Phys. Rev. A., 1987, v. 35, p. 886.
8. Fedyanin V. K., Yakushevich L. V., Stud. Biophys., 1984, v. 103, p. 171.
9. Yakushevich L. V., Stud. Biophys., 1987, v. 121, p. 201.
10. Polozov R. V., Yakushevich L. V., J. Theor. Biol., 1988, v. 130, p. 423.
11. Yakushevich L. V., Phys. Lett., 1989, v. A136, p. 413.
12. Krumhansl J. A., Alexander D. M., In - Structure and Dynamics: Nucleic Acids and Proteins, 1983, ed. E. Klementi and R. H. Sarma (Adenine, New-York.), p. 61.
13. Balanovski E., Baconsfield P., Phys. Lett., 1982, v. 93A, p. 52; Phys. Rev., 1985, v. A32, p. 3059.
14. Scott A. C., Phys. Rev., 1985, v. A31, p. 3518; Phys. Scr., 1985, v. 32, p. 617.

15. Muto V., Halding J., Christiansen P. L., Scott A. C., J. Biomol. Struct. Dyn., 1988, v. 5, P- 873.
16. Salerno M., Samuelsen M. R., Lomdahl P. S., Olsen O. H., Phys. Lett., 1985, v. 108A, . 241.
17. Pace N. R., Bishop D. H. L., Spiegelman S., Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1967, v. 58, .711-718
18. Chernilovsky A. P., de Lorbe W., Swanstrom R. et al., Nucl. Acid. Res., 1980, v. 8, . 2967-2984. (Цит. по Хесин Р. Б., Непостоянство генома., 1984, М., Наука., с. 248.)
19. Van Beveren C., Galleshaw J. A., Jonas V. et al, Nature, 1981, v. 289, p. 258-62. (Цит. по Хесин Р. Б., Непостоянство генома., 1984, М., Наука., с. 248.)
20. Филиппов А. Т., Многоликий солитон., 1990, М., Наука., «Квант», вып.48.
21. Бульенков Н. А., Биофизика, 1991, т. 36, в. 2, с. 181-243.

Часть 2.
**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ**

1. ЛАЗЕРНАЯ СПЕКТРОСКОПИЯ ДНК. РАЗВИТИЕ МЕТОДА

1.1. Общие принципы светорассеяния

В оптике рассеяние и поглощение волн в неоднородных средах первоначально рассматривалось с позиции классической фотометрии. В дальнейшем стали применяться методы теории вероятности и классической, а затем и квантовой электродинамики.

В большинстве случаев параметры неоднородной среды являются случайными функциями времени и пространства. Электромагнитное поле, распространяющееся в такой среде, является случайной функцией, даже если излучение источника детерминировано.

Основными характеристиками рассеянного излучения в исследованиях является его интенсивность и поляризация [16], а также автокорреляционные и спектральные функции (они взаимно связаны преобразованиями Фурье) флуктуаций интенсивности рассеянного света [20,4].

Большинство используемых в настоящее время моделей светорассеяния растворами макромолекул теоретически обосновано сравнительно давно [16]. Существенно, что эти модели часто строятся на принципах теории молекулярного рассеяния, полагающей, что рассеяние света происходит на малых оптических неоднородностях среды.

Таковыми неоднородностями могут быть не только флуктуации плотности и концентрации, но и сами молекулы полимеров. При учете взаимодействия молекул в растворе рассматривают рассеяние света на флуктуациях диэлектрической постоянной раствора. При этом принимается [20], что размеры оптических неоднородностей малы по сравнению с длиной волны света, а их показатель преломления мало отличается от показателя преломления окружающей среды [16]. Так, приводятся размеры молекул, составляющие $1/20$ длины волны света, для которых справедливы основные формулы, описывающие светорассея-

ние [16, 10]. В этом случае возможно определение среднего молекулярного веса растворенного вещества.

Если, однако, коэффициент поляризации растворенных молекул больше, чем у растворителя, то должно быть принято во внимание, что коэффициент рассеяния частиц станет функцией анизотропии, а для больших молекул возникает деполяризация, не зависящая от анизотропии [16].

В большей части практически важных случаев размеры полимерных молекул сравнимы с длиной волны возбуждающего света или даже больше ее (в 10 раз и более для ДНК); и в этом случае модель рассеяния неприемлема. Если при этом разность показателей преломления растворенных молекул и растворителя остается малой, задача о рассеянии становится похожей на задачу о рассеянии рентгеновских лучей под малыми углами [10]. При этом коэффициент рассеяния частицы полимера будет зависеть от формы и размера неоднородности, и заметную роль начинает играть интерференция.

Дебаем было получено выражение для функции внутримолекулярной интерференции света, что дает возможность в некоторых случаях рассчитать молекулярную массу и гидродинамический радиус макромолекул, задавшись предположениями об их форме.

Вопросы аномальной поляризации в растворах больших молекул, а также связанные с рассеянием света в растворах молекул, которые моделируются клубками распределенных звеньев, не подчиняющихся статистике Гаусса, не рассматриваются в фундаментальной теории [16]. Также не рассматриваются в ней случаи, когда коэффициент преломления неоднородности велик по сравнению с показателем преломления окружающей его среды.

В 70-е годы были предприняты первые попытки «числового эксперимента» [11]. Было показано экспериментально [17], что измерение времени корреляции или ширины спектра флуктуаций интенсивности рассеянного света позволяет определить размер рассеивающих частиц, если он не превышает 2 мкм, однако границы применимости использованного подхода остались невыясненными. Там же отмечен, но не объяснен, эффект нарушения соответствия теории и эксперимента при переходе к рассеянию в малых углах. Не рассматривалась возможность восстановления функции распределения по размерам полидисперсного ансамбля рассеивающих частиц. В предложенной модели содержится много допущений, в частности, — учет только однократного рассеяния.

В более современной литературе [5, 20] имеется анализ различных приближений, дающих возможность при выполнении определенных условий рассчитать характеристики рассеянного излучения и ре-

шить обратную задачу светорассеяния. Нередко отмечается полуколичественное согласие с опытом теории растворов полимеров и рассматриваются границы приемлемости тех или иных допущений [4]. Так, использование метода асимметрии, теоретически обоснованного Зиммом [20], и его модификаций предполагает предварительное знание того, с каким типом частиц имеют дело в данном эксперименте (это определяет выбор параметра для интерпретации результатов), а также точное соответствие индикатрисы рассеяния раствора этому параметру. Форма индикатрисы рассеяния растворов полимеров обусловлена также рядом свойств ансамбля рассеивающих макромолекул (полидисперсность или разветвленность) и специфичностью их взаимодействия с растворителем [10, 2]. Как правило, эти свойства заранее неизвестны.

Метод двойной экстраполяции, предложенный Зиммом [16, 10, 20], в большей степени свободный от ограничений и недостатков, при сущих методу асимметрии, требует более сложной аппаратуры и дает возможность определять лишь средние размеры макромолекул, не позволяя судить о форме частиц. К тому же, этот метод предусматривает измерение ряда концентраций раствора полимера, что исключает возможность отслеживания динамики одного конкретного образца, либо образца с высокой концентрацией ДНК (близкой к нативной), что представляет несомненный интерес.

1.2. Флуктуационная спектроскопия полимеров

В течение последних двадцати лет в изучении свойств макромолекул развивается направление, основанное на определении спектральных характеристик квазиупругого рассеянного изучаемой системой света по спектру (либо корреляционной функции) флуктуаций интенсивности регистрируемого излучения. Это позволяет получить больше сведений о физических характеристиках макромолекул и их растворов, а в некоторой степени — и о внутримолекулярной динамике [4, 8]. В то же время возможность измерения коэффициента диффузии некоторых макромолекул описана у других авторов [1, 16, 10], не рассматривавших методы флуктуационной спектроскопии полимеров.

Раньше этот раздел спектроскопии светорассеяния называли методом оптического смещения [4, 20]; в более поздних работах его стали выделять в лазерную корреляционную спектроскопию (ЛКС) [8].

Если разрешающая способность классической спектроскопии с использованием интерферометров ограничивается размером последних ли не может превышать значений $\Delta\lambda/\lambda \sim 10^{-8}$, то в ЛКС разрешение ли

митируется лишь длительностью измерений и практически не ограничено. Достижимая точность подобных экспериментов может составлять доли герца; соответствующая относительная точность $\sim 10^{-14}$ сама по себе характеризует возможности метода.

Вычисление средней интенсивности света, рассеянного раствором полимера, связано, как указывалось выше, с представлением о рассеянии на флуктуациях концентрации макромолекул. При этом игнорируется развитие отдельных флуктуаций, которые рассматривают как застывшие во времени, между тем как последние непрерывно рассасываются и вновь возникают вследствие диффузий частиц и конформационной динамики [2].

Флуктуационная спектроскопия базируется на двух предпосылках: на возможности представить флуктуации концентрации в виде пространственного ряда Фурье (Эйнштейн) и на отождествлении теплового движения в жидкостях с суперпозицией гиперзвуковых волн всевозможных направлений и длин (Дебай). Объединение двух указанных предпосылок в единую физическую картину (Бриллюэн, Мандельштам) привело к представлению о механизме рассеяния света в жидкостях как об отражении света от фронта когерентных гиперзвуковых волн, что приводит к частотной модуляции рассеянного света (аналог эффекта Доплера) и, следовательно, к расширению его спектрального состава. При этом относительное $(D\omega/\omega)$ расширение оказывается значительно более узким ($D\omega \sim 10^9 \div 10^{10}$ Hz), чем рамановское ($D\omega \sim 10^{14}$ Hz), обусловленное обменом энергией при столкновениях молекулы со световыми квантами.

В случае некогерентного (броуновского) движения частиц среды, модулирующего фазу (частоту) рассеянных частицей электромагнитных волн, возникает рэлеевское уширение спектральной линии рассеяния, имеющее наименьшую из трех ширину ($D\omega \sim 10^1 \div 10^7$ Hz), и наблюдение стало возможным сравнительно недавно [7, 20]. В настоящее время метод измерения трансляционной диффузии, основанный на этом явлении, нашел чрезвычайно широкое применение в биофизических исследованиях [4, 8].

Спектральная ширина линии рассеяния G существенно зависит от угла рассеяния Θ и температуры. По Дебаю, эта ширина пропорциональна величине q^2 , $q = \frac{4\pi n/\lambda}{\sin(\Theta/2)}$, где n — показатель преломления раствора, Θ — угол рассеяния, а также коэффициенты поступательной диффузии молекул D_t , связанных с их броуновским движением.

Распределение интенсивности в рассеянном свете по частотам приближенно определяется соотношением Лоренца:

$$I(\omega) \sim \frac{1}{(\omega_0 - \omega)^2},$$

где ω_0 — частота исходного монохроматического излучения [5, 20].

Конформационная динамика макромолекул [6] тоже проявляется в спектре рассеянного света [4]. Прежде всего, волны, рассеянные различными частями одной макромолекулы, интерферируют друг с другом и изменение конформации или ориентации макромолекулы меняет амплитуду рассеянной световой волны. Считается, что этот эффект может быть заметен тогда, когда размер рассеивающей частицы сравним с длиной волны используемого излучения (точнее, — с величиной, обратной переданному волновому вектору — q) [4].

Сказанное не относится к оптически анизотропным молекулам. В этом случае изменения ориентации молекул всегда будут влиять на интенсивность рассеяния. Рассеяние, связанное с переориентацией молекул (что приводит к флуктуациям диэлектрической постоянной), получило название рассеяния крыла линии Рэлея [16]. Оно имеет спектр, подобный спектру рэлеевского рассеяния, но гораздо более широкий [19].

Конформационная динамика макромолекулы также модулирует ее коэффициент диффузии Dt [4, 2]. Диффузионное уширение равно обратному времени перемещения частицы на расстояние l/d .

Разделение влияния внутренней динамики на модуляцию рассеивающей способности макромолекул и модуляцию их коэффициента диффузии носит качественный характер. Строгий подход заключается в описании состояния макромолекулы функцией распределения, зависящей от всех ее координат. Изменение этой функции во времени определяется обобщенным уравнением диффузии, решения которого целиком описывают как трансляционную, так и внутреннюю динамику [8].

Считается, что спектр рассеянного света является суммой лоренцевских кривых вида [7]:

$$I(\omega) = \frac{A\Gamma}{\Gamma^2 + \omega^2} + B, \quad [7]$$

где I — амплитуда компоненты с частотой ω ; Γ — полуширина

линии, зависящая от угла рассеяния; A , B — параметры аппроксимации.

Для извлечения максимума информации о внутренней динамике молекул лучше всего было бы разложить регистрируемый спектр на составляющие его лоренцевские контуры. Из анализа публикаций по этой теме можно заключить, что на сегодняшний день не существует единого подхода к этой процедуре.

Для гомогенных систем различные авторы рассматривают приближения указанной суммы одним [20], двумя [7], и большим числом [4, 8] контуров. По-разному также трактуется природа этих вкладов, зависящая как от состояния рассеивающей системы, так и от конкретной реализации метода измерений параметров рассеянного излучения.

Для гетерогенных систем спектр приобретает вид интегрального соотношения $I(\omega) = \int A(\Gamma)\Gamma/(\omega^2 + \Gamma^2)d\Gamma$ [9], где $A(\Gamma)$ — функция распределения амплитуд лоренцевских контуров по полуширине

К сожалению, проблема декомпозиции спектра на сумму лоренцевских кривых относится к очень широко распространенному классу некорректных обратных математических задач [8]. Осознание возможностей приложения известной математической процедуры — т. н. метода регуляризации [14] для обращения интегрального уравнения возникло лишь недавно [4], а до тех пор большинство исследователей пыталось обойти эту проблему, задаваясь априорными представлениями о виде искомого решения $A(\Gamma)$. Указывается [4, 8] малая информативность, а иногда и несостоятельность некоторых алгоритмов анализа спектра и дается обсуждение новых, например, — метода кумулянтов. В некоторых источниках [20] вообще не анализируется этот подход. Также отмечается доступность ДНК как объекта для изучения внутримолекулярной динамики благодаря большой (по отношению к ее диаметру) персистентной длине, что позволяет рассматривать ее в приближении хорошо моделируемого гауссова клубка, хотя количественных данных, относящихся к внутренней динамике ДНК, получить еще не удавалось.

Сообщается о модификациях метода, основанных на наблюдении эффектов, связанных с «негауссовостью» статистики регистрируемого излучения [8]. Регистрация этих эффектов позволяет определить спектр флуктуаций интенсивности света, рассеянного отдельной частицей. Так как трансляционное движение модулирует фазу, но не интенсивность рассеянной волны, этот спектр формируется только внутренней (и ориентационной) динамикой рассеивающей частицы. Эти модификации метода, наряду с методом взаимной корреляции [8], по-

зволяющим осуществить вычитание из полного спектра гауссовой составляющей, считаются наиболее перспективными.

Большого прогресса в исследованиях светорассеяния следует ожидать в связи с развитием вычислительной техники и численных методов. В 80-е годы появились сведения о применении при обработке экспериментальных данных, полученных методом светорассеяния, новейших проблемно-ориентированных программных продуктов. Например, «CONTIN», часто упоминаемый в литературе [27], представляет собою гибкую, модель-независимую экспертную систему для статистического анализа. В настоящий момент имеется развитая система программ, дающая удовлетворительное решение обратной задачи светорассеяния [9]. Важно подчеркнуть, что современная лазерная корреляционная спектроскопия немыслима без наличия достаточно мощных вычислительных средств, реализующих указанную процедуру анализа.

1.3. Зондирующее поле внутри рассеивающих частиц

На фоне разнообразия мнений по вопросам, связанным со спектроскопией оптического смещения, интересно выглядят работы, выходящие за рамки традиционно сложившихся подходов [11]. Например, обычно при построении модели рассматривались только характеристики рассеянного излучения в волновой зоне, т. е. на расстоянии, значительно превышающем размеры частиц. Сведения о структуре полей внутри частиц практически отсутствовали, решение задач о взаимодействии оптической радиации с частицами проводилось на основе упрощенных представлений, полагающих поле внутри частиц однородным. Это вполне характерно для аналитических моделей, не могущих позволить себе учет таких «тонкостей».

Однако, числовые эксперименты показали [11], что получаемый эффект взаимодействия лазерного излучения с различными объектами зависит в значительной мере от того, каким образом эта энергия распределяется внутри облучаемого объекта. Показано, что при взаимодействии потока энергии с веществом в ограниченном объеме внутри прозрачных частиц происходит концентрация его в отдельных точках. Сообщается, что даже незначительные изменения показателя преломления вещества частицы оказывают сильное воздействие на величину и распределение интенсивности излучения (при увеличении n на 0,4% распределение интенсивности в отдельных точках изменяется в 1,6-1,7 раза). Максимальная плотность мощности в некоторых точках внутри крупных непоглощающих частиц может превышать таковую в

падающем на них пучке света примерно в 30 — 35 раз, что значительно увеличивает вероятность появления нелинейных эффектов, в частности, — акустических волн.

Исследования последних лет посвящены не столько изучению объектов различной природы, сколько изучению возможностей метода и поиску подходящей модели, а также повторяемости результатов.

Тема низкочастотных акустических колебаний в растворах полимеров прямо или косвенно затрагивается почти в каждой публикации последних лет, посвященной спектроскопии оптического смещения (Dynamic Light Scattering). При этом авторы единодушны в том, что ни одна модель из многих анализируемых [27, 21] не согласуется с экспериментами с достаточной точностью или универсальностью.

Например, наиболее часто применяемая модель Роуза-Зимма [2], не учитывающая гидродинамического взаимодействия между частями макромолекул и их изгибную жесткость, далеко не всегда дает приемлемый результат. Между тем, гидродинамическим взаимодействиям отводится не последняя роль в формировании жидкокристаллической структуры полимера [22, 23]. Такая структура, либо хаотически переплетенная полимерная цепь, может функционировать как целое в качестве перестраиваемого акустического резонатора [22], свойства которого достаточно необычны и сложны, причем регистрируемые акустические колебания, конечно, не описываются лоренцевским спектром. Возможная роль акустических резонансов в функционировании макромолекул еще далеко не изучена [24].

Другие крупные нарушения соответствия модели светорассеяния и экспериментальных данных [18 а,б] предполагают наличие в изучаемых объектах структурных перестроек, не сводящихся к конформационной динамике молекул. Подобные процессы, описанные для низкомолекулярных соединений, в случае биологических макромолекул также еще не изучены.

Несомненно, что высокочувствительный невозмущающий метод оптического смещения найдет себе еще немало приложений в биологических исследованиях.

2. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОПТИЧЕСКОГО СМЕШЕНИЯ

2.1. Теоретические основы метода

В 1955 г. появилась статья [25], в которой авторы показали возможность использования фотоэлектрического эффекта для нелинейного детектирования световых волн. В последующих работах были получены выражения, связывающие спектральный состав фототока со спектром изучаемого оптического сигнала.

Если спектральную плотность мощности оптического сигнала обозначить через $G(\beta)$ (β — оптическая частота), то спектральная плотность мощности фототока $P(\omega)$ на частоте ω определяется выражением:

$$P_i(\omega) = 2 \left(A \frac{G e \sigma C}{8 p h \nu} \right)^2 \int_0^{\infty} G(\beta) G(\beta + \omega) d\omega,$$

где G — коэффициент усиления фотодетектора, e — заряд электрона, δ — эффективность выхода фотоэлектронов, $h\nu$ — энергия кванта света, C — скорость света.

Выражение получено для случая, когда поверхность фотокатода равняется одной площади когерентности F . Эта площадь примерно равна размеру площади дифракционной картины от источника света в месте расположения фотодетектора.

Обратная задача (фототок — свет) не всегда просто решима, но есть частные случаи. Если спектр фототока имеет лоренцевский вид или вид функции Гаусса, то и спектр света, вызвавшего этот фотодетектора, будет иметь такой же вид.

2.1.1. Корреляционная функция и спектр

Подход Форрестера к явлению фотоэлектрического смешения оптических сигналов помогает разобраться в том, что представляет собой спектр фототока и как он связан со спектром света, вызывающего этот ток.

Пусть на фотокатод оптического детектора (фотоумножителя, фотодиода), попадает электрическое поле $E(t)$. Вероятность фотоэлектрической эмиссии с фотокатода в единицу времени равняется

$$W^{(1)}(t) = \sigma E^*(t) E(t)$$

Зная вероятность фотовыхода, легко найти величину фототока

$$i(t) = e W^{(1)}(t) = e \sigma E^*(t) E(t)$$

Вероятность того, что один электрон испускается в момент времени t , а второй — в момент времени $t+\tau$, определяется следующим образом:

$$W^2(t, t+\tau) = \sigma^2 E^*(t) E(t) E^*(t+\tau) E(t+\tau).$$

При дальнейшем рассмотрении понадобится усреднение по времени значения фототока $i(t)$ и функции взаимной вероятности $W^{(2)}(t, t+\tau)$. Для стационарного поля можно записать:

$$\langle i(t) \rangle = e \langle W^{(1)}(t) \rangle = e \sigma \langle E^*(t) E(t) \rangle = e \langle I \rangle$$

$$\langle W^{(2)}(t, t+\tau) \rangle = \sigma^2 \langle E^*(t) E(t) E^*(t+\tau) E(t+\tau) \rangle = \sigma^2 \langle I \rangle^2 g^{(2)}(\tau),$$

где $g^{(2)}(\tau)$ — корреляционная функция второго порядка.

Автокорреляционная функция фототока по определению такова:

$$C_i(\tau) = \langle i(t) i(t+\tau) \rangle = e^2 \langle W^{(1)}(t) W^{(1)}(t+\tau) \rangle.$$

Поскольку явление испускания электрона фоточувствительным слоем под действием света носит вероятностный характер, то фототок представляет собой серию бесконечно узких дискретных импульсов. Поэтому автокорреляционную функцию фототока можно представить состоящей из двух частей:

а) в моменты времени t и $t+\tau$, из фотокатода вылетают различные электроны; тогда —

$$\langle W^{(1)}(t) W^{(1)}(t+\tau) \rangle = \langle W^{(2)}(t, t+\tau) \rangle = \sigma^2 \langle I \rangle^2 g(\tau);$$

б) в моменты времени t и $t+\tau$, фотокатод испускает один и тот же электрон, тогда —

$$\langle W^{(1)}(t) W^{(1)}(t+\tau) \rangle = \langle W^{(1)}(t) \rangle \delta(\tau) = \sigma \langle I \rangle \delta(\tau).$$

Следовательно,

$$C_i(\tau) = e^2 \sigma \langle I \rangle \delta(\tau) + e^2 \sigma^2 \langle I \rangle^2 g^{(2)}(\tau) = \\ = e \langle i \rangle \delta(\tau) + \langle i \rangle^2 g^{(2)}(\tau).$$

Для того, чтобы получить спектр мощности фототока, можно воспользоваться теоремой Винера-Хинчина, которая связывает спектр корреляционной функции

$$P_i(\omega) = 1/2\pi \int_{-\infty}^{+\infty} e^{i\omega \tau} C_i(\tau) d\tau. \quad (1)$$

Для непрерывного спектра ненулевой ширины с максимумом при $\omega = 0$ величина $P_i(\omega)$ в этом выражении умножается на два для $\omega > 0$ и равняется нулю для $\omega < 0$.

2.1.2. Спектр самобиений (гомодинный спектр)

Рассмотрим случай гомодинного приема оптического сигнала или случай, в котором получается спектр самобиений исследуемого света. При этом на фотоприемник попадает только свет, спектральный состав которого мы хотели бы знать.

Рассмотрим оптическое поле, имеющее спектральную ширину, определяемую гауссовски случайным процессом. Это поле характеризуется автокорреляционной функцией

$$C_E(\tau) = \langle E^*(t) T(t+\tau) \rangle = \langle P \rangle g^{(1)}(\tau),$$

где

$$g^{(1)}(\tau) = \frac{\langle E^*(t) T(t+\tau) \rangle}{\langle E^*(t) E(t) \rangle}$$

представляет собой корреляционную функцию первого порядка.

Для гауссовского случайного поля корреляционная функция второго порядка довольно просто связана с корреляционной функцией первого порядка:

$$g^{(2)}(\tau) = 1 + |g^{(1)}(\tau)|^2.$$

Для этого случая корреляционная функция фототока становится равной

$$C_i(t) = e \langle i \rangle \delta(\tau) + \langle i \rangle^2 (1 + |g^{(1)}(\tau)|^2). \quad (2)$$

Допустим, оптическое поле имеет нормализованную корреляционную функцию первого порядка в виде:

$$g^{(1)}(\tau) = \exp(-i\omega_0 \tau) \exp(-\gamma|\tau|), \quad (3)$$

тогда спектральный состав такого поля описывается лоренцианом:

$$P(\omega) = \frac{\langle H \rangle}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp(i[\omega - \omega_0] \tau) \exp(-\gamma|\tau|) d\tau = \\ = \langle P \rangle \frac{\gamma/\pi}{\gamma^2 + (\omega - \omega_0)^2}$$

с полушириной на полувысоте $\Delta\omega = \gamma$, с центром на частоте $\omega = \omega_0$ и с интегральной интенсивностью $\langle P \rangle$.

Спектр фототока, вызванного этим оптическим полем, можно найти, подставляя уравнения (2), (3) в (1):

$$P_i(\omega) = 1/2\pi \int \exp(i\omega \tau) \{ e \langle i \rangle \delta(\tau) + \langle i \rangle^2 + \langle i \rangle^2 \exp(2\gamma|\tau|) \} d\tau = \\ = 1/2\pi \{ \langle i \rangle + \langle i \rangle^2 \delta(\omega) + \langle i \rangle^2 \frac{2\gamma/\pi}{\omega^2 + (2\gamma)^2} \}.$$

Поскольку спектр фототока $P_i(\omega)$ симметричен относительно нулевой частоты $\omega=0$, то можно не учитывать часть с отрицательными частотами, удвоив интенсивность оставшейся частоты для $\omega > 0$:

$$P_i^+(\omega) = e \langle i \rangle / \pi + \langle i \rangle^2 \delta'(\omega) + 2 \langle i \rangle^2 \frac{2\gamma/\pi}{\omega^2 + (2\gamma)^2}. \quad (4)$$

Следует отметить, что в выражении (4) δ' -функция равна 0 для отрицательных частот и в два раза больше, чем δ -функция в предыдущем уравнении, так что интеграл $\int_{-\infty}^{+\infty} \delta'(\omega) d\omega = 1$.

Спектр фототока содержит три компоненты. Первое слагаемое в выражении (4) представляет собой дробовой шум, который возникает из-за вероятностного характера процесса испускания фотоэлектронов. Второе слагаемое является постоянным током, протекающим через фо-

тодетектор. Третий член содержит в себе информацию о спектре исследуемого сигнала. Интересно сравнить эту последнюю часть выражения (4) со спектром оптического поля. Видно, что спектр фототока имеет лоренцевский вид так же, как и спектр оптического сигнала. Отличие состоит лишь в том, что полуширина оптического поля в два раза меньше полуширины спектра фототока и что весь спектр фототока смещается в низкочастотную область. Максимальное значение спектра фототока находится на частоте $\omega = 0$, в то время как спектр оптического сигнала формируется вблизи частоты возбуждающего света $\omega = \omega_0$.

2.1.3. Гетеродинный спектр

Существует и другой способ получения оптического сигнала. По аналогии с радиотехническими терминами его называют методом оптического гетеродинирования. В этом методе на светочувствительную поверхность фотодетектора, кроме исследуемого сигнала, подается свет гетеродина — источника с очень узким спектром.

Будем считать, что мощность гетеродинного сигнала значительно превышает мощность исследуемого сигнала, то есть $I_r \gg I_c$. Опустив выкладки, аналогичные выполненным выше для гомодинного спектра, приведем результат для спектра фототока:

$$P_i(\omega) = \frac{I_r}{2\pi} + I_r \delta(\omega) + \frac{I_r \langle I_c \rangle}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp(i\omega\tau) \{ \exp(i\omega_r\tau) g_c^{(1)}(\tau) + \exp(-i\omega_r\tau) g_c^{(1)*}(\tau) \} d\tau$$

Снова мы получили (так же, как и в случае гомодинного приема) спектр, состоящий из трех составляющих. Первое слагаемое выражения представляет собой дробовой шум, второе — постоянный ток, третье дает гетеродинный спектр. Здесь надо отметить, что спектр зависит от корреляционной функции первого порядка $g_c^{(1)}$, а не от $g_c^{(2)}$ как это было в случае гомодинного приема. Таким образом, гетеродинный спектр фототока однозначно определяется спектром оптического поля. Для $g_c^{(1)}(\tau) = \exp(-i\omega_0\tau) \exp(-\gamma|\tau|)$ получаем спектр фототока в виде:

$$P_i^+(\omega) = \frac{e I_r}{\pi} + I_r^2 \delta'(\omega) + 4I_r \langle I_c \rangle \frac{\gamma/2\pi}{\omega^2 + \gamma^2} \quad (5)$$

Гетеродинный спектр фототока представляет собой лоренциан с центром на частоте $\omega = |\omega_0 - \omega_c|$. Ширина спектра в данном случае не удваивается (как в случае гомодинного приема). Если $\omega = \omega_0$, то последний член в выражении (5) следует удвоить для $\omega \geq 0$ и положить равным нулю для $\omega < 0$.

Воспроизведение оптического спектра в спектре фототока является основным преимуществом гетеродинной схемы детектирования. Главный ее недостаток — необходимость идеального оптического согласования по фазе волновых фронтов гетеродинного луча и исследуемого оптического сигнала (такое же, как в тщательно юстированном интерферометре).

2.2. Вопросы методики

2.2.1. Спектры рассеянного света с частичным гетеродинированием

На практике иногда применяют комбинированную схему измерений, когда интенсивность гетеродинного луча может варьироваться, осуществляя тем самым переход от гетеродинной к гомодинной (при отсутствии опорного луча) схеме.

С другой стороны, эффект паразитного рассеяния от стенок кюветы с образцом, регистрируемого на фотоприемнике, также может быть квалифицирован как нарушение гомодинности.

От учета этих промежуточных случаев зависит правильность интерпретации измеренных спектров. Если спектр фототока, возбуждаемого светом, подчиняющимся гауссовой статистике, и гетеродинным лучом, записать, сохраняя гомодинный и гетеродинный члены, то получится выражение:

$$P_i^+(\omega) = 4I_r \langle I_c \rangle \epsilon^2 \frac{\gamma/\pi}{\omega^2 + \gamma^2} + 2\langle I_c \rangle^2 \frac{2\gamma/\pi}{\omega^2 + (2\gamma)^2} \quad (6)$$

Здесь ϵ — эффективность гетеродинирования, зависящая от согласования волновых фронтов гетеродинного луча исследуемого оптического сигнала, а также от площади когерентности. Постоянные составляющие фототока и дробовой шум фотоприемника опущены.

Исследование спектров с частичным гетеродинированием и обра-

ботка их с использованием аппроксимирующей функции, состоящей из суммы гомодинного и гетеродинного членов, показало возможность правильного определения полуширины спектра рассеянного света даже при наличии паразитного рассеяния [7].

2.2.2. Аппаратные ограничения

Без приведения расчетов уместно отметить несколько важных моментов реализации метода оптического смешения.

Использование реальных источников когерентного излучения не накладывает существенных ограничений на возможности метода. Так, указывается, что флуктуации фазы (частоты) источника возбуждения не влияют на спектр фототока гомодинного сигнала, а в случае гетеродинного — не влияют, если в качестве гетеродинного луча используется часть излучения источника возбуждения.

Одночастотный лазер с доступной стабильностью (флуктуациями амплитуды излучения порядка 20%) может использоваться в качестве идеального монохроматического источника возбуждения рассеянного света, так же как и многомодовый лазер.

Отношение сигнал/дробовой шум на выходе фотоприемника зависит от поверхности фотодетектора, размеры которой оптимизируются для каждой конкретной схемы измерений. На выходе спектроанализатора это отношение определяется как мощностью излучения, так и временем измерений.

Подробный анализ этих и других вопросов имеется в литературе [17].

2.2.3. Интерпретация спектров

Как указывалось выше, интерпретация спектральных кривых, в особенности тех, которые соответствуют полидисперсным объектам, представляет собой трудноразрешимую задачу. Одна из причин этому — множественность спектральных контуров, составляющих огибающую спектра.

В работе М. А. Ивановой [4] приводится соотношение, дающее возможность вычислить средневзвешенную полуширину спектра:

$$\Gamma = \frac{d \ln \Gamma(\tau)}{d\tau}, \tau \rightarrow 0 \quad (1)$$

и получить при этом приемлемое согласие с экспериментом.

2.3. Изучение плазмидной ДНК

2.3.1. Объект исследования

В данной работе в качестве объекта исследования использованы плазмиды pBR322 (длина 5, 6 т. п. н.) и pVZ361 (11,4 т. п. н.). Обработка этих плазмид эндонуклеазой рестрикции BamHI позволяет изменить их конформацию с кольцевой замкнутой формы (сверхскрученная или релаксированная) на линеаризованную.

Выделение плазмидной ДНК [26]:

- а/ Осаждали клетки ночной культуры *Escherichia coli* центрифугированием из 1,5 мл 3 мин, 11000 об/мин.,
- б/ Супернатант тщательно сливали, осадок ресуспендировали в 350 мкл буфера для лизиса — STET (8% сахара, 5% Тритон [x — 100, 50 mM ЭДТА-Na₂, 50 mM Трис-HCl, pH 8,0),
- в/ Добавляли раствор лизоцима (10 мг/мл в дист. воде) в количестве 25 мкл,
- г/ Смесь инкубировали 5 мин при комнатной температуре,
- д/ Перенесли пробирки в кипящую воду и инкубировали в течение 40 сек,
- е/ Немедленно центрифугировали полученные лизаты 30 мин при 11000 об/мин.,
- ж/ Из микроцентрифужной пробирки удаляли осадок чистой палочкой,
- з/ Добавляли 175 мкл 7,5 M ацетата NH₄ и 300 мкл изопропанола,
- и/ Смешивали и инкубировали 1 час при -20° C,
- к/ Осаждали преципитат центрифугированием 20 мин при 11000 об/мин.,
- л/ Промывали осадок дважды 70%-ным этанолом, (центрифугировали по 10 мин при той же скорости) 2 x 1.5 мл спирта,
- м/ Осадок высушивали струей воздуха и растворяли в 50 мкл ТЕ буфера (1 mM трис-HCl; 10 mM ЭДТА, pH 7,5). Препараты обрабатывали RNKазой с конечной концентрацией 50 — 100 мкг/мл; инкубировали 1 час при 37° C,
- н/ Аликвоту объемом 2 — 5 мкл анализировали гель-электрофорезом [26].

2.3.2. Обработка эндонуклеазами рестрикции

Линеаризацию плазмид pBR322 и pVZ361 осуществляли с помощью эндонуклеазы рестрикции BamHI по стандартной методике.

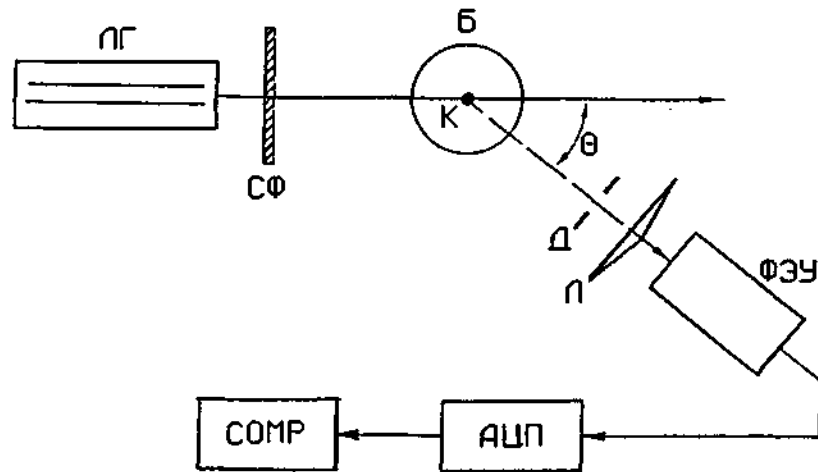


Рис. 1. Оптическая система спектрометра
 Θ — угол светорассеивания, ЛГ — гелий-неоновый лазер, СФ — нейтральный светофильтр, Б — термостатируемый бокс, К — кювета с образцом, Д — диафрагма, Л — фокусирующая система, ФЭУ — фотоэлектронный умножитель, АЦП — аналого-цифровой преобразователь, СОРМ — компьютер

2.3.3. Устройство спектрометра

На виброразвязанном чугунном столе собрана оптическая часть спектрометра. Оптическая схема представлена на рис. 1 и соответствует гомодинной схеме измерений. Для возбуждения рассеянного света в установке использован He-Ne лазер ЛГ-79-1. Мощность выходного излучения лазера составляла 16 мВт, длина волны 632,8 нм.

Свет от лазера проходил через нейтральные светофильтры, окно в термостатируемом боксе, и попадал на кювету с исследуемым образцом. Через фокусирующую систему рассеянный свет принимался фотоумножителем, который принимал фотоны от вращающегося вокруг кюветы зеркала и мог устанавливаться в нужное положение с точностью $\pm 3^\circ$. Отсчеты значений фототока переводились в цифровую форму аналого-цифровым преобразователем с разрядностью 3,5 десятичных разряда (соответствующий динамический диапазон измерений ~ 70 дБ) и передавались для хранения и обработки на ЭВМ СМ-1420.

Перед началом каждого эксперимента после прогрева лазера проводили измерение общей индикатрисы рассеяния, по виду которой контролировали работоспособность измерительного комплекса. Кювету с изучаемым образцом устанавливали в термостатируемый светонепроницаемый стальной бокс, и также по общей индикатрисе рассеяния контролировали правильность установки кюветы и готовность комплекса.

Для каждого образца флуктуации интенсивности рассеянного света измеряли при различных углах рассеяния с шагом 3° в диапазоне 35—160 градусов. Для получения спектра с высоким разрешением (в диапазоне ~ 1 Hz) эксперименты ставили отдельно для каждого образца и флуктуации интенсивности набирали на конкретно выбранных углах рассеяния.

В пределах одной серии выделения и рестрикции ДНК препараты, соответствующие кольцевой и линеаризованной форме каждой из плазмид (pBR322 или pVZ361), анализировали в условиях одного эксперимента.

Накопленные данные впоследствии обрабатывались на СМ-1420 пакетом проблемно-ориентированных программ для гармонического и корреляционного анализа (автор программ — С. В. Дзекунов).

Параметры спектров и корреляционных функций в численном виде переносили с распечаток на персональную ЭВМ серии АТ (ввиду аппаратной несовместимости СМ-1420 с 16-разрядными ЭВМ) для дальнейшей обработки с помощью авторских программ. Указанная обработка для каждого спектра включала в себя следующее:

а/ аппроксимацию по методу наименьших квадратов экспериментальных значений к зависимости, определяемой формулой (6) (п. 2.2.1);

б/ определение полуширины спектра Γ и параметра ξ ;

в/ повторение процедуры а/ для случая кривой лоренцевского вида — формула (4) (п. 2.1.2);

г/ определение средневзвешенной полуширины спектра по соответствующей корреляционной функции — формула (7) (п. 2.2.3);

д/ построение угловой зависимости усредненной полуширины спектра для каждого из приближений;

е/ вычисление соответствующего коэффициента трансляционной диффузии по формуле:

$$\Gamma = \left| \frac{4\pi n}{\lambda} \sin \frac{\Theta}{2} \right|^2 D_t = q^2 D_t \quad (20) \quad (8)$$

ж/ анализ других моделей и допущений.

2.3.5. Экспериментальные результаты

На рис. 2 приведен типичный вид спектра флуктуаций интенсивности рассеянного света.

Аппроксимация спектров к зависимости, определяемой формулой (6), показала наименьшее среднеквадратичное отклонение для значений $\epsilon < 10^{-1}$, что позволяет считать [7] пренебрежимо малым паразитное рассеяние излучения от стенок кюветы. Это подтверждает соответствие схемы измерений гомодинному варианту.

Характеристики использованной в работе плазмидной ДНК даны

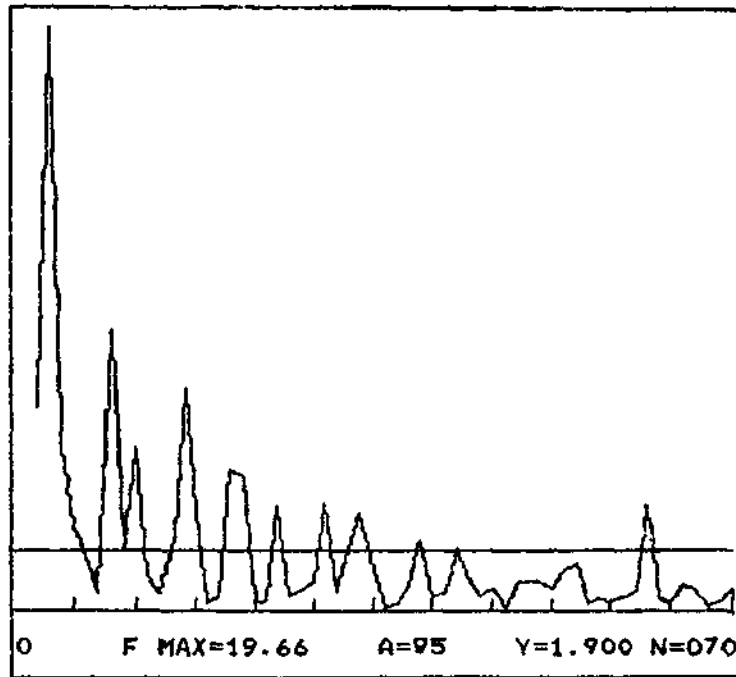


Рис. 2. Типичный вид спектра флуктуаций интенсивности рассеянного света

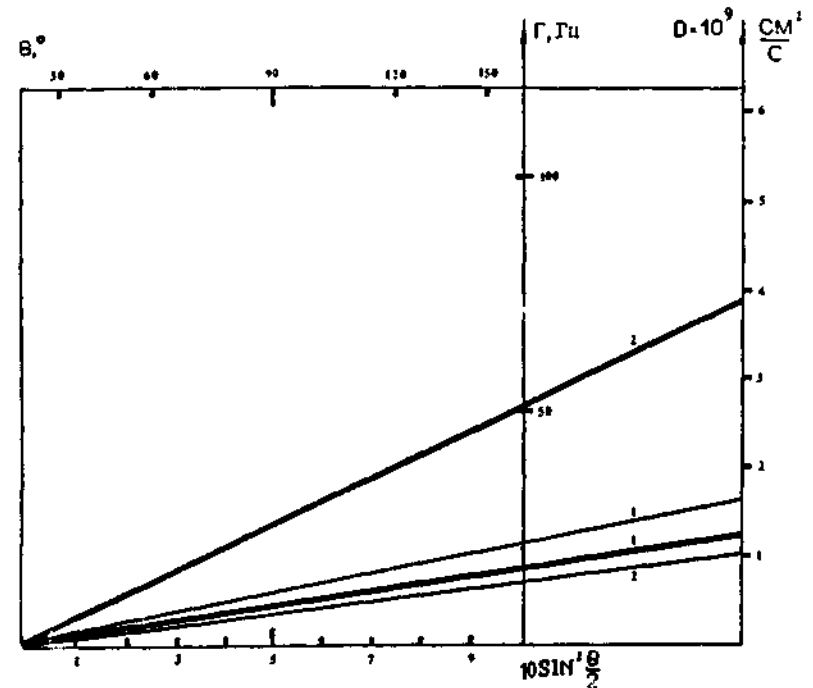


Рис. 3. Угловая зависимость полуширины спектров, рассчитанной по формуле (4)

1	pBR325	кольцевая линеаризованная	— ---
2	pVZ361	кольцевая линеаризованная	— ---

в таблице 1. Усредненные результаты расчета полуширины спектров получены обработкой -5 измерений на одном угле рассеяния каждого образца из одной серии выделения ДНК. Результаты двух серий выделения препаратов ДНК также усреднены между собой.

Угловая зависимость полуширины спектра, рассчитанной по формуле (4), для каждого типа ДНК показана на рис. 3. Там же отмечены соответствующие этим зависимостям (формула 8) коэффициенты диффузии макромолекул. Показатель преломления растворителя принят равным показателю преломления стекла $n = 1,52$ [11].

Таблица 1.

Параметры плазмидной ДНК

Плазмида	Протяженность т. п. н.	M , $\cdot 10^6$	L , b мкм	L/P^c	Концентр. $\mu\text{g/mL}$
pBR325	6,0	3,9	2,0	40	0,67
pVZ361	11,4	7,4	3,88	78	0,67

^a 650 дальтон/п. н.

^b 0,34 нм/п. н.

^c персистентная длина $P \sim 50$ нм

Таблица 2.

Коэффициенты диффузии плазмидной ДНК

Плазмида	Конформация	$\frac{D_1^a}{10^9 D}$	$\frac{D_2^b}{\text{cm}^2/\text{c}}$
pBR325	кольцевая	1,6	3,5
	линеаризованная	1,2	1,8
pVZ361	кольцевая	1,0	2,7
	линеаризованная	3,8	5,7

^a D_1 — расчет по формуле (4),

^b D_2 — расчет по формуле (7).

На рисунке 4 представлены аналогичные результаты для случая расчета полуширины спектра по формуле (7). Значения коэффициентов диффузии для обоих вариантов расчета сведены в таблицу 2.

Полученные значения соответствуют по порядку величины приводимым в литературе [27] с учетом размера молекул и повышенной концентрации ДНК в образцах [2].

Там же [27] приводятся соотношения Броэрса, которые были использованы для оценки полученных результатов. Они связывают коэффициент диффузии D длинной жесткой макромолекулы с ее контурной длиной L и диаметром d :

$$D = \frac{kT}{3\pi\eta L} [\delta - 1/2(\gamma_1 + \gamma)] \quad (9)$$

где $\delta = \ln(2L/d)$, $\gamma_1 = 1,27 - 7,4(1/\gamma - 0,34)^2$, $\gamma = 0,19 - 4,2 \times (1/\delta - 0,39)^2$, d — диаметр цепи ДНК, η — вязкость растворителя, k — константа Больцмана.

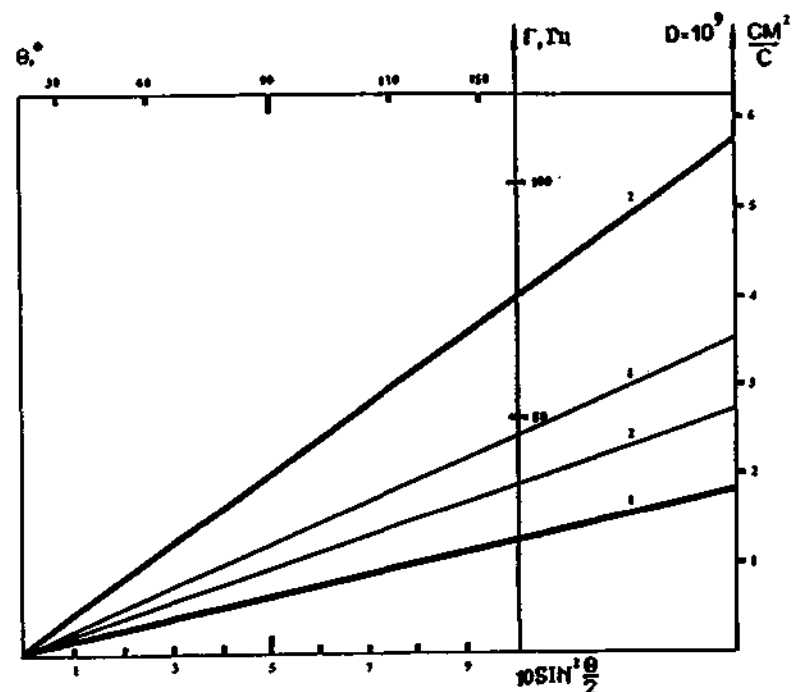


Рис. 4. Угловая зависимость полуширины спектров, рассчитанной по формуле (7)

Ввиду затруднений в выборе значений коэффициента вязкости растворителя η , была проведена оценка отношения коэффициентов диффузии для суперспирализованных плазмид различной контурной длины. При этом полагалось: $L' = L/2$, $d' = 2d$. Полученное отношение D pBR325 к D pVZ361 (равное 1,72) более соответствует результатам обработки данных по формуле (4) (отношение равно 1,6). Обработка спектров с использованием формулы (7) дает отношение коэффициентов диффузии $3,5/2,7 = 1,3$.

Оба метода обработки показывают, что коэффициент диффузии суперспирализованных молекул ДНК обратно пропорционален их контурной длине (сравнение pVZ361 и pBR325), а также его уменьшение для плазмиды pBR325 при переходе плазмиды в линейную конформацию (разрыхление). Интересно при этом выглядит «неожиданное» возрастание коэффициента диффузии молекул плазмиды pVZ361. Этот эффект может быть результатом изменения характера укладки

молекул ДНК (или их сегментов) в жидкокристаллической фазе, происходящем в ходе превращения кольцевой формы в линейную.

Упаковка молекул ДНК в жидкокристаллической фазе, наиболее соответствующей нативной ДНК в составе хромосом, изучен слабо [13, 3], а в литературе не имеется сведений о жидких кристаллах, образованных веществами с молекулярной массой $>10^6$. В работе В. И. Саянова с сотрудниками [13] отмечается, что в настоящее время доказана жидкокристаллическая природа фазы, образуемой кольцевыми суперспиральными ДНК. Идентификация ее типа пока затруднительна, но отнесение ее к нематикам или холестерикам маловероятно. Исследования, выполненные на плаزمидях различного размера, показали, что структура суперспиральной ДНК может перестраиваться в ответ на действие биологически активных соединений. Показано, что под действием эндонуклеаз рестрикции образующиеся линейные молекулы ДНК pBR322, несмотря на относительно высокую молекулярную массу ($2,88 \cdot 10^6$), образуют жидкокристаллическую фазу классического холестерического типа.

При этом очень существенно, что данной способностью не обладают молекулы с молекулярной массой выше некоторой граничной, которая равна $4 \cdot 10^6$.

Линеаризованные плазмиды с исходно высокой ($\sim 10^7$) молекулярной массой обнаруживали жидкокристаллический характер укладки лишь после продолжительного воздействия эндонуклеазами, в результате которого образовывались фрагменты с размером ниже критического.

Таким образом, линеаризация плазмидной ДНК pVZ361 может вызвать разрушение жидкокристаллической структуры неопределенного типа и свойственного ей дальнего порядка, сопровождающееся возрастанием коэффициента диффузии.

С целью характеристики микроокружения молекул ДНК для экспериментальных значений коэффициентов диффузии по соотношению (9) была рассчитана величина вязкости η . Для кольцевых суперспиральных плазмид значение микровязкости составило величину $\sim 10^2$. Это значение является промежуточным между вязкостью воды и средней вязкостью биологической мембраны [12].

В связи с изложенной версией уместно дать оценку микроструктуры растворов плазмидных ДНК.

Пусть ρ — масса полимера в единице объема, M — его молекулярная масса, N_a — число Авогадро. Тогда число молекул в этом объеме выразится величиной V :

$$V = \frac{\rho}{M} N_a$$

Жидкокристаллическое состояние полимера характеризуется величиной $V \gg 1/dL^2$, где L — длина, d — диаметр жесткого стержня, а знаменатель в правой части равен половине величины исключенного объема. Из таблицы 3 видно, что для плазмиды pVZ361 использованная концентрация почти соответствует переходной точке между изотропным концентрированным раствором и жидким кристаллом. При концентрациях, превышающих переходную в 5,7 раза, раствор полимера полностью представлен нематиком.

Таблица 3.

К оценке микроструктуры растворов плазмидных ДНК.

Плаزمид	pBR325		pVZ361	
	кольцевая	линейная	кольцевая	линейная
V , см ³	1,03 E 14		5,40 E 13	
$1/dL^2$, см ⁻³	2,40 E 14		6,66 E 13	
vdL^2	0,427		0,811	
R_p , см		1,78 E -5		2,49 E -5
$(2R_G)^3$, см ³		4650 E -14		1,24 E -5
$1/V$, см ³		9,75 E -15		1,85 E -14
D_G/D_R , теор.		0,762		0,936
D_G/D_R , экспер.	формула 4:	0,75	формула 4:	3,80
	формула 7:	0,51	формула 7:	2,10

Для решения вопроса об отнесении структуры раствора к жидкокристаллическому типу следует учесть следующее. В концентрированных растворах эффект исключенного объема сказывается в стремлении молекул расположиться в одном направлении, что сопровождается увеличением нематической фазы, если эффект недостаточно выражен. Такой же эффект наблюдается и в изотропной области, где межмолекулярное взаимодействие стремится ориентировать молекулы в микроскопическом масштабе. Это «упорядочение малого порядка», получившее название «допереходного эффекта» (pretransitional effect), возрастает с ростом концентрации и обуславливает различные аномалии физических свойств изотропных растворов вблизи от переходной точки.

Вошедший в таблицу 3 гидродинамический радиус молекул линеаризованных плазмид рассчитан по соотношению, основанному на персистентной длине P и контурной длине K молекулы:

$$R_G^2 = \left(\frac{K}{3P} - I + \frac{2P}{K} - \frac{I - \exp(-K/P)}{(K/P)^2} \right). \quad [27]$$

Но по значению величины $1/V$ видно, что реальный объем каждой линейризованной молекулы в 5—6 раз меньше объема $(2R_G)^3$.

В той же [27] работе приводится выражение для коэффициента диффузии, учитывающее гидродинамическое взаимодействие статистических сегментов молекулы:

$$D = \frac{0,192 kT}{\eta \sqrt{6} R_G}$$

Хотя границы применимости этих соотношений в указанном источнике не оговорены, можно рассчитать по этим формулам отношения коэффициентов диффузии, соответствующих суперспирализованной и линейной конформациям исследуемых плазмид — $D_R(L/2, 2d)$ и $D_G(L, d)$ соответственно. Расчет показал логарифмическую зависимость этого отношения от протяженности полимера, причем $D_G/D_R < 1$ при $L > 12$ тысяч пар нуклеотидов (т. п. н.) и больше 1 при $L < 12$ т. п. н. Рассчитанные значения этого отношения приведены в таблице 3. Экспериментальное значение его для плазмиды pBR325 близко к теоретическому, несмотря на перекрывание гидродинамических радиусов молекул.

Учет свойств ДНК как сильнозаряженного полиэлектролита (в бессолевоом растворе) показывает увеличение жесткости полимерной цепи, имеющее место вплоть до масштабов, которые существенно превышают дебаевский радиус экранирования. Это эквивалентно увеличению персистентной длины молекул [2]. Как следствие этого, молекулы сильно растягиваются на малых масштабах, а на больших приобретают клубкообразную структуру. Расстояние между соседними цепями двойных спиралей ДНК в таком растворе имеет порядок дебаевского радиуса. Очевидно, что понятие гидродинамического радиуса в этом случае теряет смысл.

Можно предположить, что для суперспирализованных плазмид учет кулоновского взаимодействия дает, помимо дополнительного повышения жесткости стержней, моделирующих механику ДНК, более существенный вклад в увеличение их эффективного диаметра, чем в их дезориентацию при данной концентрации. Возрастание эффективного диаметра стержней делает более выраженным эффект исключенного объема, а следовательно и «допереходный эффект».

Вероятно, незамкнутые молекулы плазмиды pBR325 могут при использованной концентрации 1 мг/1,5 мл быть описаны моделью перекрывающихся клубков, для которых еще выполнимы соотношения разбавленных растворов, тогда как для линейризованных плазмид pVZ361 более адекватна модель сильно спутанных клубков. В последнем случае измеряемый коэффициент диффузии соответствует эффективному коэффициенту кооперативной диффузии, который не имеет отношения к собственной диффузии макромолекулы, как целого — среди других цепочек полимера, и который возрастает с ростом концентрации раствора [2].

Как уже неоднократно отмечалось выше, считается, что рассеянный свет несет в себе всю информацию о конформационной динамике макромолекул. Проблема получения этой информации сводится к дешифровке сигнала на фотокатоде, являющегося суперпозицией многих частотнодулированных колебаний. Эта задача неразрешима простыми методами.

Однако нередко эта информация оказывается относительно доступной. Так, почти все анализированные здесь спектры, подобно приведенному на рис. 1, имели выраженную «дискретность» в масштабе частот — 1 Hz. В силу свойств преобразования Фурье, это говорит о периодичности исходного сигнала с характерными временами, отвечающими ограниченному конформационным переходом макромолекул.

Еще один не встречающийся в литературе подход состоит в оценке вклада эффекта Доплера в сдвиг частоты рассеянного излучения. В теории радиоэлектроники этот сдвиг частоты характеризуется индексом модуляции — величиной, равной отношению девиации частоты к частоте модулирующего воздействия. Несложный расчет показывает, что в случае, когда эффект Доплера обусловлен колебательным движением атомов и их групп с характерными высокими частотами (и, соответственно, мгновенными скоростями, на которых ощутим вклад эффекта), индекс модуляции оказывается достаточно мал. В этом случае спектр колебания, модулированного по частоте (фазе) будет стремиться к спектру амплитудно-модулированного колебания, который представляет более наглядную информацию о процессе, так как он, в свою очередь, подобен спектру модулирующего сигнала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волькенштейн М. В., Ельяинович М. А., Степанов Б. И., Колебания молекул., '949, Т. 2. Электрооптика колебаний молекул. Москва-Ленинград, Гостехиздат.
2. Гросберг А. Ю., Хохлов А. Р., Статистическая физика макромолекул., 1978, Москва, «Мир».

3. Евдокимов Ю. М., Скуридин С. Г., Саянов В. И., Рыбин В. К., Палумбо М., Биофизика, 1990, т. 35, вып. 5, с. 731-738.
4. Иванова М. А., Ломакин А. В., Носкин В. А., Молекулярная биология, 1983, т. 17, вып. 3, стр. 653-665.
5. Камминс Г., Пайк Э., (ред.) Спектроскопия оптического смещения и корреляция фотонов., 1978, Москва, «Мир».
6. Кантор Ч., Шиммель П., Биофизическая химия., 1984, т. 3, М., «Мир»
7. Клюбин В. В., Носкин В. А., Анализ релеевских спектров света, рассеянного растворами макромолекул методом оптического смещения., 1979, Ленинград, препр. № 489 ЛИЯФ АН.
8. Ломакин А. В., Носкин В. А., Эффекты негауссовости в спектроскопии оптического смещения., 1979, Ленинград, препр. № 509 ЛИЯФ АН.
9. Ломакин А. В., Носкин В. А., Осокин В. М., Измерительно-вычислительный комплекс для лазерной корреляционной спектроскопии., 1987, Ленинград, препринт № 1342 ЛИЯФ АН.
10. Моравец Г., Макромолекулы в растворе., 1967, М., «Мир».
11. Пришивалко А. П., Астафьева Л. Г. Распределение энергии внутри светорассеивающих частиц., 1974, Автореферат., Минск.
11. Пустовалов Г. Е., Талалаева Е. В., Волн.оптика., 1985, М., МГУ.
12. Рубин А. Б., Биофизика., 1987, М. «Высшая школа».
13. Саянов В. И., Дембо А. Т., Евдокимов Ю.М., Мол.биол., 1990, т. 24, вып. 6, стр. 1525-1531.
14. Тихонов А. Н., Арсенин В.Ю., Методы решения некорректных задач., 1979, М., «Наука».
15. Тупицын В. П., Интегральное релеевское рассеяние света на анизотропных флуктуациях и молекулярное строение некоторых органических жидкостей и их смесей., 1975, Автореферат. Москва, МГУ.
16. Фабелинский И. Л., Молекулярное рассеяние света., 1965, М., «Наука».
17. Чайковский А. П., Исследование взаимосвязи статистических характеристик рассеянного излучения и параметров рассеивающей среды., 1975, Автореферат. Минск.
18. Черников Ф. Р., Биофизика, 1990, т. 35, вып. 5, стр. 711-712 (а) Черников Ф. Р., Сверхмедленные колебания светорассеяния в жидкостях разного типа., Биофизика, 1990, т. 35, вып. 5, стр. 711-721 (б).
19. Шен И. Р., Принципы нелинейной оптики., 1989, М. «Наука».
20. Эскин В. Е., Рассеяние света растворами полимеров и свойства макромолекул., 1986, М., «Наука»
21. Allison S. A., Macromolecules, 1990, vol. 23, p. 1110-1118.
22. Brenner S. L., Gelman R. A., Nossal R., Macromolecules, 1978, v. 11, N 1, p. 202-207.
23. Cazabat A. M., Volochine B., Kunstmann J. M., Chretien F. C., Biophysics J., 1981, v. 73, p. 819-824.
24. Chou K. C., Biopolymers, 1987, v. 26, p. 285-295.
25. Forrester A. T., Gudmundsen R. A., Johnson P. O., Physical review, 1955, v. 99, p. 1691-1700.
26. Holmes D. S., Quigley b. I., Anal. Biochem., 1981, v. 114, p. 193-197.
27. Sortie S. S., Pecora R., Macromolecules, 1990, v. 23, p. 487-497.

2.4. Изучение животной ДНК различной молекулярной массы и концентрации

2.4.1. Постановка задачи

Интерес к исследованию флуктуационной динамики ДНК в растворе методами лазерной корреляционной спектроскопии обусловлен, с одной стороны, желанием изучить поведение ДНК в условиях, близких к условиям ее функционирования в живой клетке с целью понять ее биологическую функцию [1, 2], а с другой стороны,— перспективностью ДНК как модельной макромолекулы для изучения общих закономерностей физики полимеров в растворе [3]. Последняя возможность возникла сравнительно недавно благодаря развитию методов генетической инженерии, дающих уникальную возможность получать рестрикты ДНК строго определенной длины и последовательности. К сожалению, методы выделения фрагментов ДНК строго определенной длины, развитые молекулярными биологами, пока еще не позволяют получать их в достаточном количестве, необходимом для изучения конформационной динамики полуразбавленных и концентрированных растворов. Между тем, для понимания механизмов функционирования биосистем на молекулярном уровне наибольший интерес представляет поведение ДНК при более высоких, чем в разбавленных растворах, концентрациях, соответствующих режимам, начиная от полуразбавленного раствора, когда отдельные независимые клубки макромолекул перекрываются и перепутываются, и до концентрированного раствора, когда возможно локальное появление более плотной упаковки с микроструктурой жидкого кристалла, которая характерна для ядер клеток. Поскольку при этом начинают проявляться кооперативные эффекты, то именно в этом случае наиболее естественно ожидать проявления свойств самоорганизации в форме спонтанного возникновения относительно долгоживущих структур с дальними пространственно-временными корреляциями.

Следует отметить, что до настоящего времени основное внимание уделялось исследованию разбавленных и сильно разбавленных растворов ДНК [4—6], тогда как концентрированные растворы изучены очень слабо.

Хотя для случая сильно разбавленных растворов рестриктных монодисперсных фрагментов ДНК систематические исследования флуктуационной динамики методом спектроскопии корреляции фотонов проведены в группе Роберта Пекоры [4—6], тем не менее, в литера-

туре имеется лишь малое количество экспериментальных работ, посвященных изучению более концентрированных растворов ДНК.

Целью настоящей работы было изучение флуктуационной динамики растворов ДНК методом лазерной корреляционной спектроскопии в режиме разбавленных и полуразбавленных растворов при некоторых изменениях физических условий. При этом особое внимание уделялось исследованию эффектов, возникающих при переходе от разбавленного раствора к полуразбавленному. В качестве объектов исследования были выбраны образцы растворов двух существенно различающихся по длине фрагментов ДНК: длинных (со средней длиной 25000 пар оснований) и коротких (со средней длиной 450 пар оснований).

В качестве исходного материала использовали препарат ДНК из эритроцитов цыплят производства фирмы Reanal. При этом короткие фрагменты ДНК были получены стандартным методом ультразвуковой обработки исходного препарата. В качестве растворителя использовался стандартный солевой раствор SSC (0,1 M Na-цитрат, 0,15 M NaCl, 10 mM EDTA, pH = 7,0). Использовали два типа кювет: стеклянные цилиндрические диаметром 6 мм и пластмассовые прямоугольные сечением 12x12 мм. Экспериментальную часть работы проводили на измерительном комплексе для MALVERN 4700, включающем в себе спектрометр рассеянного света с переменным углом PCS 100, источник когерентного излучения — He-Ne лазер с мощностью излучения 25 мВт и длиной волны излучения $l = 632,8$ нм, а также 128-канальный 8-разрядный коррелятор, подключенный к компьютеру OLIVETTI. Измерения проводили в режиме двух времен дискретизации — τ : $\tau = 2000$ мкс/канал и $\tau = 10000$ мкс/канал. При таком выборе параметров измерительной системы имелась возможность надежно регистрировать флуктуации плотности раствора в диапазоне частот $f = 500$ Гц и пространственных масштабов — $L > 100$ нм. Последнее условие получено из ограничения накладываемого длиной волны зондирующего излучения — λ_0 и углом рассеяния — Θ :

$$L > 1/q, \quad q = (4\pi n/\lambda_0) \sin(\Theta/2),$$

где n — показатель преломления раствора.

2.4.2. Экспериментальные результаты

Мы провели оценку ожидаемых параметров микроструктуры приготовленных растворов ДНК. Поскольку использованный в экспери-

ментах растворитель близок к нейтральному (Θ — раствор), то можно предположить, что в таком растворе макромолекула (в данном случае фрагмент ДНК определенной длины) примет в растворе конформацию Гауссова клубка. При этом для оценки характерного размера макромолекулы можно воспользоваться средним радиусом инерции — R_g , который вычисляется в рамках модели Роуза-Зимма [7]:

$$(R_g/l)^2 = (x/3) [1 - 3/x + 6/x^2 + (6/x^3)(1 - e^{-x})], \quad (1)$$

где $x = L/l$, l — персистентная длина, $L = aN$ — контурная длина макромолекулы, a — длина мономера, N — полное число мономеров в цепной молекуле.

Критическое значение концентрации полимера в растворе C_c , начиная с которого клубки начинают перекрываться, определяется формулой [7]:

$$C_c = 3m^2/4\pi a l R_g^3,$$

где m — масса мономера (в случае ДНК мономером является пара комплементарных нуклеотидов). При численных оценках использовали следующие значения параметров: $l = 50$ нм, $a = 0,34$ нм, $m = 660$ D.

Переход от разбавленного раствора к полуразбавленному проводили двумя различными способами: за счет изменения концентрации ДНК в растворе (C) при постоянной длине фрагмента ДНК и путем изменения длины фрагмента при постоянной концентрации ДНК. Оценки по формуле (2) для фрагментов ДНК, использованных в работе, дают следующие значения критической концентрации: $C_{cc} = 0,12$ мг/мл — для длинных фрагментов и 3,5 мг/мл — для коротких.

В случае растворов длинных фрагментов ДНК измерения временных автокорреляционных функций (АКФ) интенсивности рассеянного излучения выполнены для набора концентраций (0,1; 0,56; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 8,0 мг/мл) при температурах раствора 25 и 60° С и при значениях угла рассеяния 35 и 70°. В случае раствора коротких фрагментов — измерения проведены для одного значения концентрации 4 мг/мл. Для раствора длинных фрагментов ДНК при концентрациях от 1 мг/мл и выше обнаружены слабозатухающие квазипериодические колебания на частотах вблизи 8, 11, 16, 27 и 32 Гц при использовании прямоугольной кюветы и вблизи 100 Гц, когда измерения проводили в Цилиндрической кювете. При наблюдении АКФ в последовательные моменты времени с интервалом 30—40 сек. выявляется характерная

изменчивость колебательных паттернов, особым признаком которых являются повторы различающихся АКФ через приблизительно равные временные периоды (изоморфизм типа А; более детально о явлении изоморфизма АКФ см. ч. 2, гл. 1.). Типичной и наиболее часто наблюдаемой частотой возврата АКФ ДНК, и не только для эритроцитарной, является частота 16 Гц, при этом типично ее устойчивое существование в широком диапазоне концентраций и степени полимерности. Однако, нижний предел длины фрагментов ДНК для выявления квазипериодических колебаний ее растворов, вероятно, существует. Это обнаруживается уже в том факте, что не удается зафиксировать такие режимы динамики полимера для коротких фрагментов с концентрацией 4 мг/мл, в то время как для длинных фрагментов и высокополимерных ДНК эти режимы характерны. Кроме того, установлено, что вид АКФ стабилен при изменении угла рассеяния, варьирует только амплитуда АКФ. Это говорит о регистрации длинноволновых флуктуаций плотности растворов с масштабом флуктуаций большим, чем характерный размер клубков ДНК. Еще одно примечательное качество динамических паттернов АКФ ДНК — высокая чувствительность к слабым внешним возмущениям, например, — влиянию излучения ФПУ-генератора (см. гл. 4., ч. 1) и к условиям подготовки образцов биополимера.

На рис. 1. представлены фурье-спектры АКФ лазерного излучения, рассеянного на растворах длинных фрагментов ДНК при различных значениях концентрации. Начиная с концентрации 2 мг/мл, появляется аномально долго затухающее квазигармоническое колебание на частоте около 16 Гц, которое присутствует и при более высоких концентрациях вплоть до 8 мг/мл.

На рис. 2. представлены фурье-спектры АКФ, измеренные в последовательные моменты времени с интервалом 30—40 сек. для случаев длинных фрагментов ДНК (А) и коротких фрагментов (Б) при одном и том же значении концентрации 4 мг/мл. В первом случае слабозатухающее квазигармоническое колебание присутствует на протяжении всего времени наблюдения, причем 11 Гц и 16 Гц колебания сменяют друг друга, а во втором случае фиксируется сплошной спектр со слабо выраженными максимумами.

На рис. 3. показаны аналогичные фурье-спектры АКФ для двух различных температур растворов ДНК 25 и 60° С. Видно, что при повышении температуры квазигармонические колебания не исчезают, а происходит смена динамических картин, в частности, — появляются квази и бигармонические колебания с частотами 11 и 16 Гц.

Таким образом, результаты эксперимента показывают, что при

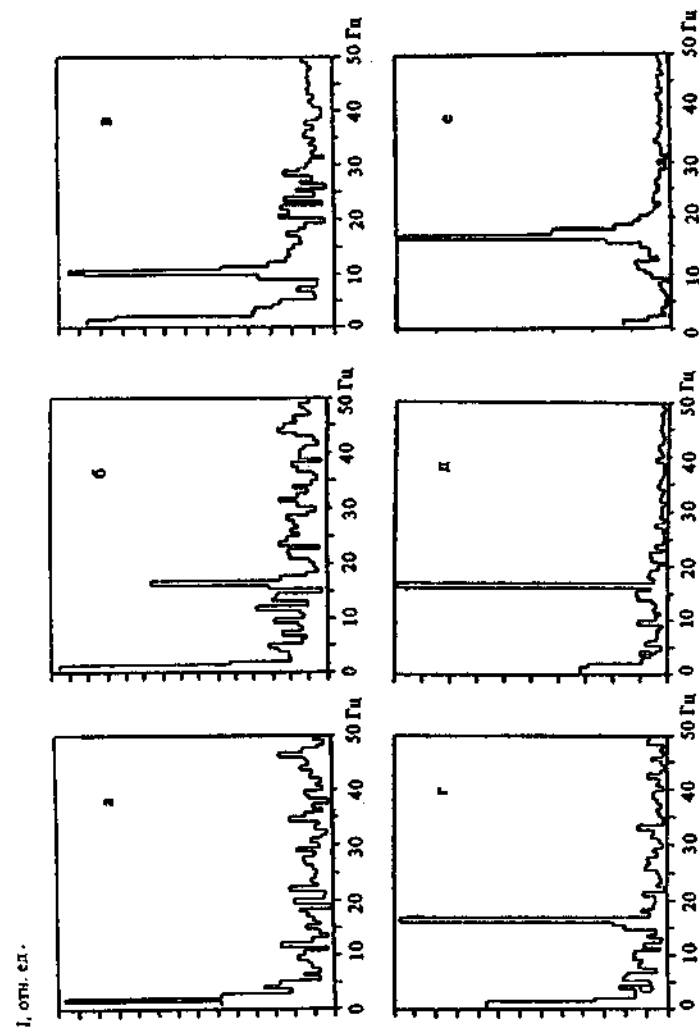


Рис. 1. Фурье-спектры АКФ излучения, рассеянного на растворах длинных фрагментов ДНК при различных значениях концентрации приблизительно через 1 час после заполнения кювет раствором. Параметры измерения: $\Theta = 70^\circ$, $T = 25^\circ$ С, $\tau = 10000$ мкс/канал, размеры кюветы: 12×12 мм², высота заполнения $h = 8$ мм; С — 1 мг/мл (а), 2 мг/мл (б), 3 мг/мл (в), 4 мг/мл (г), 5 мг/мл (д), 8 мг/мл (е).

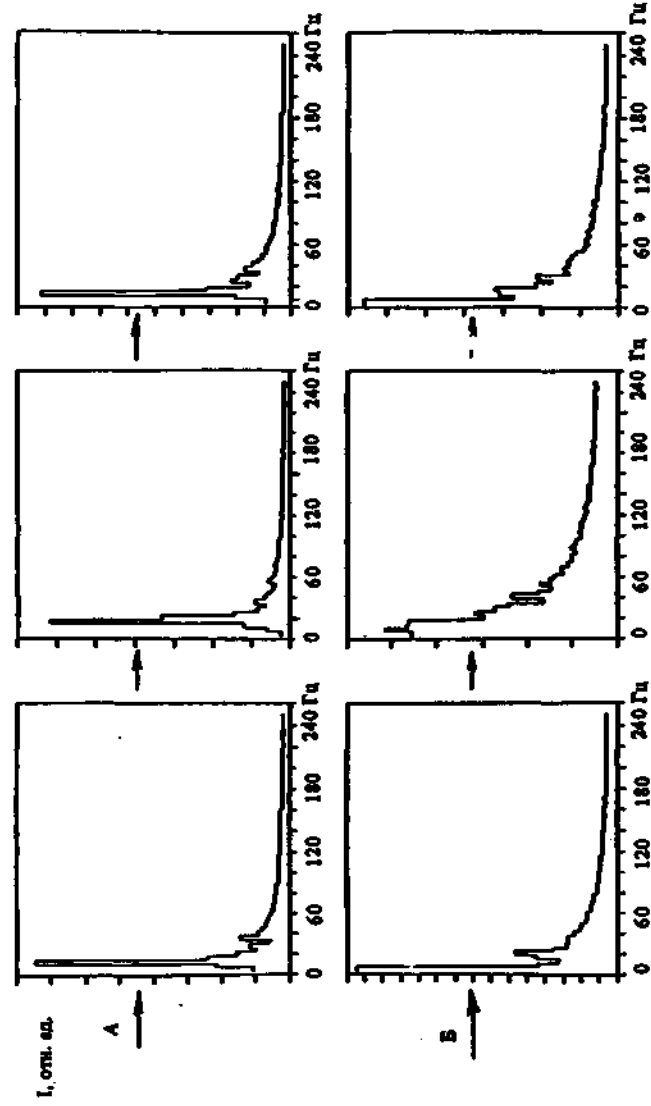


Рис. 2. Фурье-спектры АКФ излучения, рассеянного на растворах длинных фрагментов ДНК, измеренные последовательно с интервалом 30—40 с; А — раствор, содержащий длинные фрагменты ДНК со средней длиной 25000 пар оснований; Б — раствор, содержащий короткие фрагменты ДНК со средней длиной 400 пар оснований. Параметры измерения: $\Theta = 35^\circ$, $T = 25^\circ \text{C}$, $\tau = 2000$ мкс/канал, $C = 4$ мг/мл.

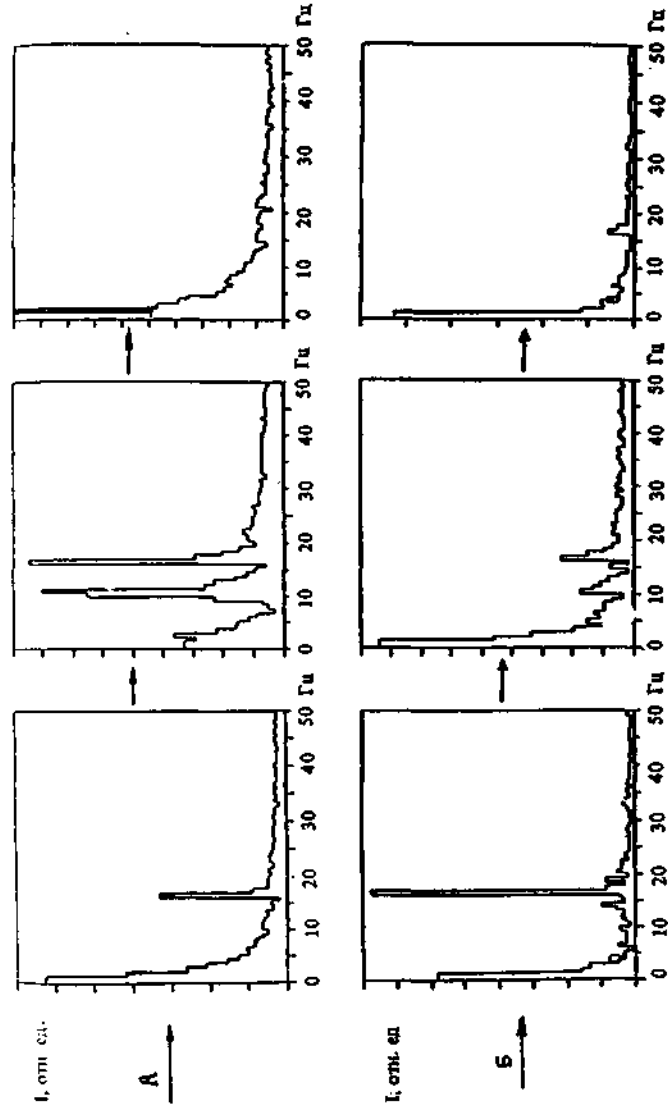


Рис. 3. Фурье-спектры АКФ излучения, рассеянного на растворах, содержащих длинные фрагменты ДНК, измеренные последовательно с интервалом 30—40 с. Параметры измерения: $\Theta = 70^\circ$, $T = 25^\circ \text{C}$ (А) и 60°C (Б), $\tau = 10000$ мкс/канал, $C = 5$ мг/мл.

переходе от разбавленного раствора к полуразбавленному в результате повышения концентрации слабозатухающие колебания плотности *по-являются* только в области существенно полуразбавленного раствора, при концентрациях ДНК в растворе — по крайней мере на порядок превосходящую критическую. Слабозатухающие колебания исчезают по мере перехода от полуразбавленного к разбавленному раствору и в результате уменьшения длины фрагментов. Эти данные подтверждают предположение о том, что явление самоорганизации волновых (акустических) процессов в ДНК можно ожидать только при таких физических условиях, когда существенную роль играют кооперативные процессы на уровне макромолекулярного континуума молекул ДНК, приближающегося к структуре хромосом. Чем более структура растворов ДНК отличается от архитектоники ДНК в хромосомах (в приводимых экспериментах — это короткие фрагменты полимера), тем менее существенны коллективные дальние (в масштабах макромолекулярного континуума) взаимодействия между цепями ДНК, столь важные для эпигенетических функций генома. Ключевым звеном в данных экспериментах является четкая фиксация для ДНК того факта, который был ранее обнаружен для агарозы и коллагена [8], а именно — практической незатухаемости колебаний биогелей и периодических повторов АКФ. Это позволяет рассматривать нелинейную динамику такого рода для ДНК и других информационных биополимеров как проявление солитонных свойств в рамках явления возврата Ферми-Паста-Улама (подробно об этом в гл. 3 и 4, ч. 1.).

2.4.3. Обсуждение

Как показывают наши эксперименты, приведенные в данном разделе и далее, нелинейная динамика ДНК, ее гидродинамическое поведение и акустика чрезвычайно чувствительны к внешним физическим воздействиям *in vitro* — энзиматической рестрикции, разбавлению, концентрированию, нагреву-охлаждению, ультразвуковой обработке, слабым механическим воздействиям, облучению ИК-лазерным полем, электромагнитным полем ФПУ-генератора с широкополосным спектром. Эти и аналогичные факторы могут и должны в той или иной мере оказывать влияние на генетический аппарат в условиях *in vivo*, искажающее нормальные эпигенетические функции хромосом, что также подтверждается в наших экспериментах (см. гл. 6—9, ч. 2).

Относительно данных по кольцевым суперспирализованным и линейным плазмидам. Обнаруженное резкое различие коэффи-

циентов диффузии для таких ДНК важно для понимания механизмов управляемого «пилотирования» и точной «посадки» транспозонов ДНК (аналогов плазмид) в пределах жидкокристаллического сверхвязкого и сверхплотного континуума хромосом высших биосистем. Эта задача находится в рамках общей и нерешенной проблемы молекулярной биологии — проблемы самоорганизации внутриклеточных, межклеточных и межтканевых структур, их «взаимоузнаваний». Ясно, что зная волновые, гидродинамические и иные механизмы точного пилотирования таких немаловажных для человека транспозонов как онкогены и обратнотранскриптазный геном Вируса Иммунодефицита Человека, мы будем иметь возможность корректировать их в необходимом направлении, исключая патогенез.

Не менее существенным представляется факт обнаружения нелинейной динамики ДНК с признаками поведения солитонов в рамках явления возврата Ферми-Паста-Улама. Это также дает вклад в осознание принципов макромолекулярных и надмолекулярных взаимодействий в пространстве организма по линии солитонно-резонансных дальних взаимодействий (см. гл. 4, ч. 1) и делает более реалистичной попытку дать новую версию работы генома эукариот, обсуждавшуюся выше (гл. 1—4, ч. 1).

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А. Д., Левчук Ю.Н., Ломакин А. В., Носкин В. А., Лазерная корреляционная спектроскопия в биологии., 1987, Киев. Наукова думка.
2. Bloomfield V. A., In: Dynamic Light Scattering, 1985, ed. R. Pecora, Plenum Press., NY, p. 363.
3. Pecora R., Science, 1991, v. 251, p. 893.
4. Sortie S. S., Pecora R., Macromolecules, 1988, v. 21, p. 1437.
5. Sorlie S. S., Pecora R., Macromolecules, 1990, v. 23, p. 487.
6. Allison S. A., Sorlie S. S., Pecora R., Macromolecules, 1990, v. 23, p. 1110.
7. Гроссберг А. Ю., Хохлов А. Р., Стат. физ. макромолекул., 1987, М., Наука.
8. Brenner S. L., Gelman R. A., Nossal R., Macromolecules, 1978, v. 11, p. 202.

3. ПОСЛЕДЕЙСТВИЕ ДНК

3.1. Экспериментальные результаты

Результаты, полученные нами и излагаемые в данном разделе, по стратегическим механизмам, видимо, тесно связаны с т. н. фантомным листовым эффектом (ФЛЭ) [1—4] и фантомной памятью ДНК (фпДНК), о которой пойдет речь ниже (гл. 4, ч. 2), а также, возможно, и с памятью коры головного мозга. Но если для ФЛЭ и ассоциативной корковой памяти даны физико-математические модели в рамках голографических и солитонных механизмов (см. гл. 1—4, ч. 1), то фпДНК — явление далеко не понятное и нуждающееся в более глубоком исследовании и осторожной трактовке.

Вместе с тем, необходимо понять: является ли фпДНК биологически активной, генетически значимой, в том числе и при ФЛЭ? В нашей теоретической модели ФЛЭ получил физико-математический формализм и биологическую трактовку [2—4], но относительно самой фпДНК, реализуемой изолированными препаратами ядер клеток и чистой ДНК, наши представления носят исключительно умозрительный характер. Эксперименты, которые будут приведены ниже, свидетельствуют в пользу регуляторной роли фпДНК, действующей прямо и непосредственно на саму же ДНК, модулируя ее динамику в составе клеточных ядер. Этот эффект зарегистрирован нами при динамическом лазерном светорассеянии (подробно об этом методе в гл. 4, ч. 2.) на препаратах высокоочищенных ядер из эритроцитов кур. Препараты любезно предоставлены группой академика А. Д. Мирзабекова (Институт Молекулярной Биологии РАН).

Эксперименты проводили по следующей основной схеме. Перед опытами делали контрольные измерения фонового светорассеяния в течение 1 часа. Величины фоновых значений автокорреляционных функций (АКФ) составляли 600—900 условных единиц, что близко к значениям темного тока. Препарат суспензии нативных или физически модифицированных ядер из эритроцитов кур (ЯК) с концентрацией 50 мг/мл в высокоочищенном глицерине наливали в кювету 12x12 мм в количестве 1 мл и помещали в кюветное отделение спектрометра MALVERN. Время нахождения ЯК в кюветном отделении в процессе замера АКФ составляло около 10 мин. После этого кюветное отделение считалось экспонированным ЯК и проводилось тестирование фпДНК в пределах кюветного отделения спектрометра по модуля-

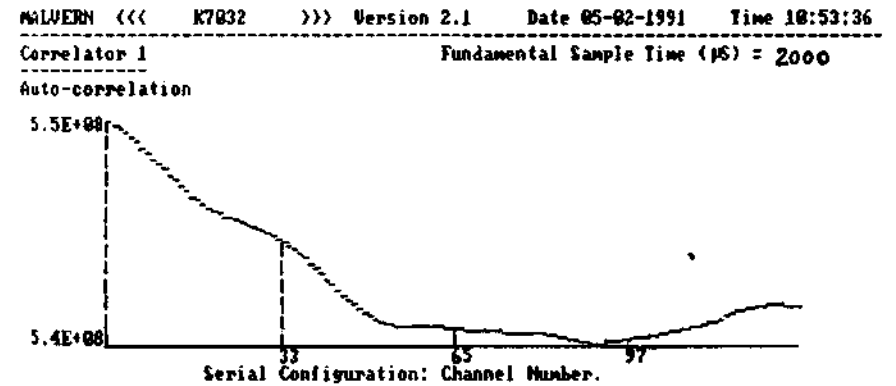
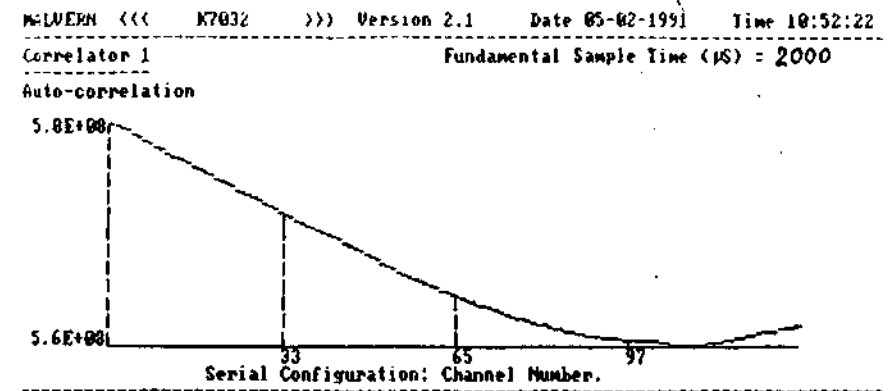


Рис. 1. Типичные АКФ ЯК, зарегистрированные с минутным интервалом и отражающие низкочастотные колебания ЯК с мало меняющимся спектральным составом, аномально долгим затуханием и нелинейной динамикой, характерной для ДНК и нуклеопротеидов.

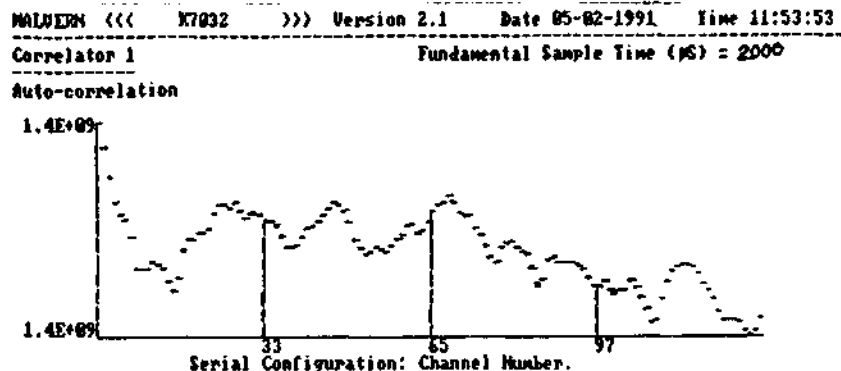
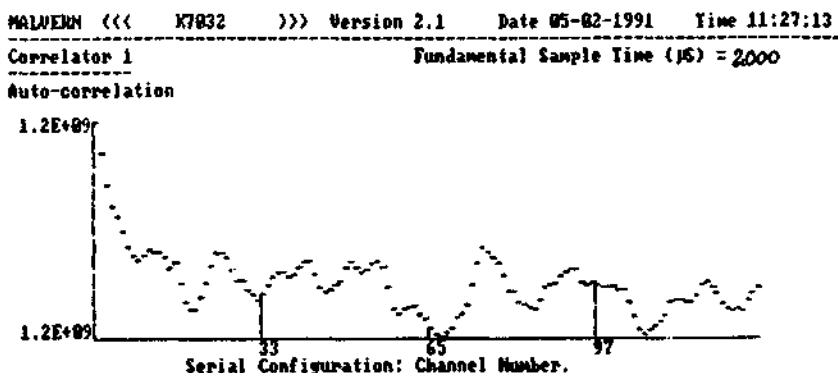
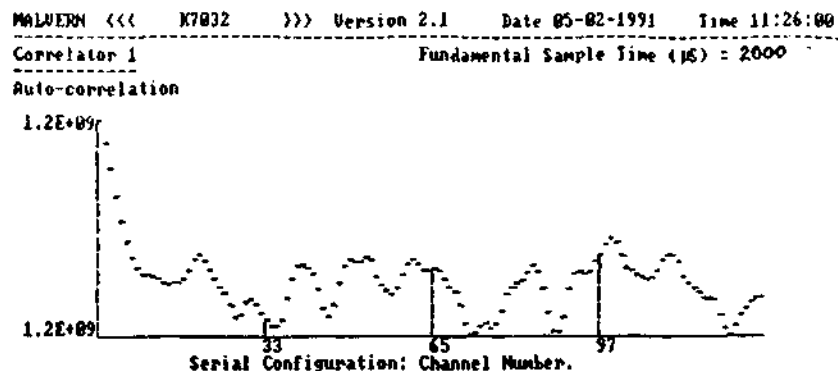
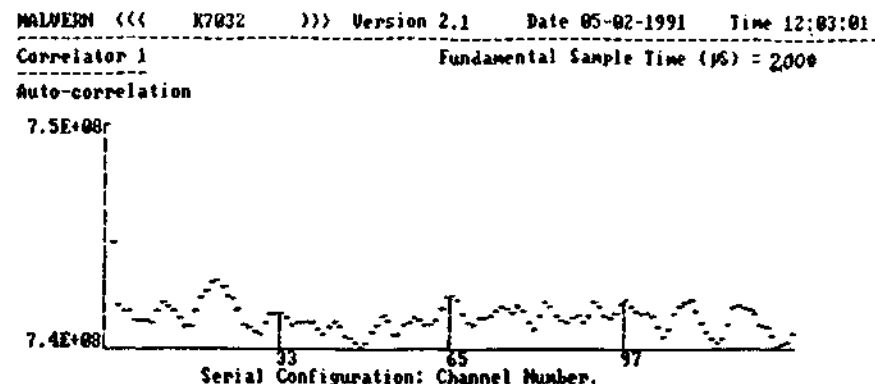
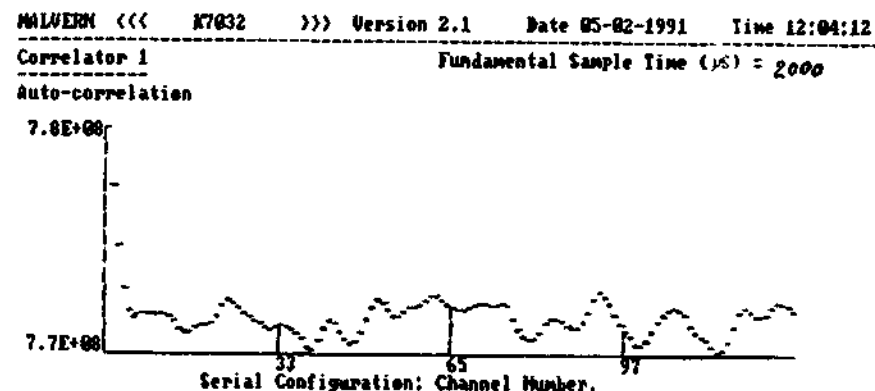


Рис. 2. Препарат ЯК нагрет до 68° С в течение 10 мин. и медленно охлажден в течение получаса. Характер АКФ резко изменился: появились ангармонические высокочастотные колебания. Приведены 2 АКФ с минутным интервалом и одна АКФ приблизительно через 30 мин. от окончания охлаждения. Характер динамики АКФ устойчив во времени.



Title:



Title:

Рис. 3. Вновь взят исходный нативный препарат ЯК, который должен был дать исходные АКФ, аналогичные рис. 1. Однако, характер колебаний препарата близок рис. 2., т. е. имеет характеристики термически обработанного. Приведены 2 АКФ с минутным интервалом.

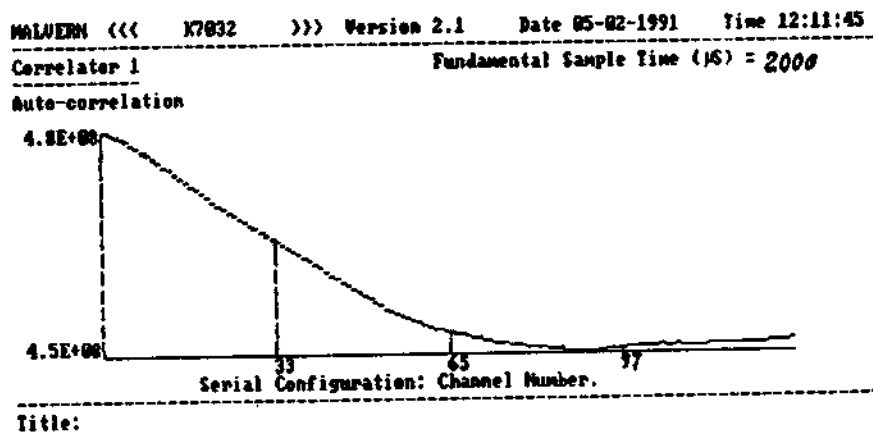
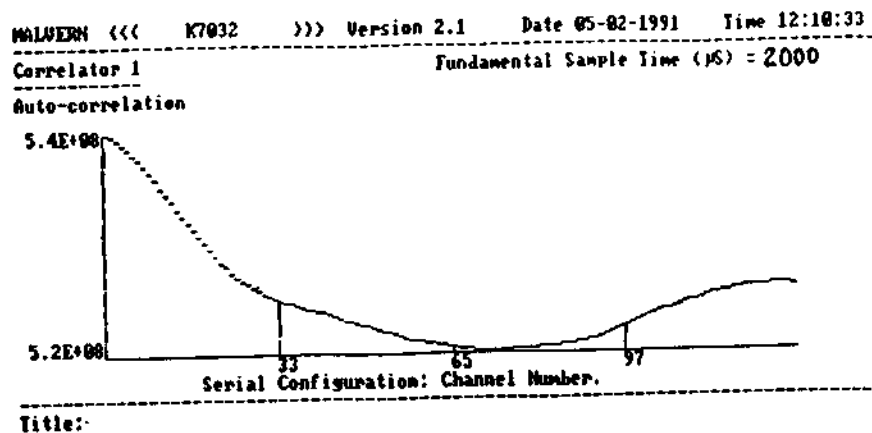


Рис. 4. Восстановление исходных колебаний ЯК через 7 мин. (релаксация) после повторного введения нативного препарата. Зарегистрированы 2 АКФ приблизительно с минутным интервалом.

циям АКФ исходного (контрольного) препарата ЯК, используемого как зонд-тест.

Приведенная серия экспериментов дает основание предполагать (в рамках данных опытов) временное влияние фантомной памяти клеточных ядер, основной компонент которых ДНК, на сами ядра-проборазы фантомов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Choudhury J. K. et al, J. Inst. Eng. (India), 1979, v. 60, Pt EL3, p. 61-66; p. 67-73.
2. Гаряев П. П., Юнин А. М., Энергия, 1989, N10, с. 46-52.
3. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov G. S., Berezin A. A., Vasiliev A. A., Proc. SPIE, 1991, v. 1621, p. 280-291.
4. Гаряев П. П. и др.. Гипотеза (независ, науч. ж.), 1991, 1992, N 1, N 1.

4. НОВЫЙ ТИП ПАМЯТИ ДНК?

4.1. Постановка вопроса

Фантомообразование — широкий класс явлений, связанных с генерацией физических полевых и (или) иных структур, которые являются более или менее точными отображениями объективной и субъективной реальности. Эти отображения-копии (фантомы) существуют некоторое время на месте прообраза (или его части) в том случае, если он (или часть его) перемещается в пространстве-времени (отделяется, уничтожается). Существенно то, что фантомы не обязательно помнят некоторое фиксированное состояние прообраза, но хранят его динамические пространственно-временные и, в некоторых случаях, энергоинформационные характеристики. Простейший случай, — когда статические или динамические голограммы образуют неподвижные или мобильные 3-х или 4-х мерные образы объектов, образы, живущие уже как бы независимо от самих объектов-первоисточников. Сюда же можно отнести статические и динамические фото- и киноизображения, оперирующие в отличие от голографии двумерным пространством. Образ и его фото- и голографическая копия находятся в системе односторонних, гомоморфных отношений, т. е. изменяется образ — изменяется отображение и никогда наоборот. Если рассматривать генетический аппарат как систему хранения (отображения), кодирования-декодирования структуры (образов) будущей или уже развившейся биосистемы, то выполняется и обратное. Геном-прообраз и его развернутое отображение-биосистема выходят при этом на более высокий уровень изоморфных отношений. Принципиально и то, что хромосомный аппарат не является монопольным обладателем наследственной информации и она может вводиться как экзогенный сигнал, в частности, — в форме вербальных кодов [24—29].

Относительно простая феноменология обсуждаемых отображений хорошо известна: это фантомные эффекты растений, когда на уровне электромагнитных полей восстанавливается изображение отрезанной части живых (но не мертвых), листьев [2, 11, 20], микролептонные (аксионные) фантомы [6], фантомные боли, статические и динамические голографические образы. Пожалуй, только в случае голографических фантомов можно говорить об их управляемости в том смысле, к примеру, что голограмму можно синтезировать на компьютере и, следовательно, заранее задать квази-интерференционный код потенциального оптического образа.

В неявном виде фантомообразование известно в области физико-химии полимеров, вероятно, имеющее прямую связь с предметом настоящего исследования — «аномальными» отображениями главной генетической структуры — ДНК — при лазерной корреляционной спектроскопии. В случае небиологических полимеров необычные феномены такого рода обнаруживаются в поле рассеянных нейтронов, дифрагирующих на эластомерных сетках (т. н. «фантомные сетки»), когда регистрируется логически необъяснимая независимость флуктуаций положения узлов сетки от реальных деформаций полимера и, соответственно, положения его действительных узлов [12]. Другая аномалия носит название «mimicing the effect of dust» (пылеподобный эффект), когда при динамическом лазерном светорассеянии на сильно разбавленных водных растворах рестриктных фрагментов ДНК обнаруживается рассеяние фотонов на «частицах», которые заведомо отсутствуют в таких растворах [4], т. е. опять-таки кванты электромагнитной энергии взаимодействуют с как бы несуществующими структурами. И здесь мы снова видим явные аналогии с фантомными эффектами ДНК, обнаруженными нами ранее [2, 11] и более детально исследуемые в настоящей работе.

Обобщенное понимание всех этих феноменов лежит в рамках категорий Взаимодействия и Отражения, постулирующих, что любые взаимодействующие объекты и процессы **ВЗАИМООТБРАЖАЮТ** структуро-динамику друг друга (обмениваются информацией в том числе), и что свойство Отображения (обычно употребляют термин Отражение) материи и энергии родственно его высшим идеальным формам в биосистемах — **ОЩУЩЕНИЮ, МЫШЛЕНИЮ, СОЗНАНИЮ**. Здесь проявляются два фундаментальных свойства Мира: (1) **КВАЗИ-СОЗНАНИЕ**, (2) **ФРАКТАЛЬНОСТЬ** и (или) **ГОЛОГРАФИЧНОСТЬ**. Это означает, что любой фрагмент Мира, являясь элементом квазимышления, сам отображает все его свойства и наоборот [15, 16]. Из такого понимания следует, что некий фрагмент Мира при определенных условиях может дать информацию, например, в форме фантомов, о других частях этого Мира. Все перечисленные типы фантомообразования, вероятно, являются частными случаями этого общего принципа. Сюда же относятся и феномены психографии, снятия информации о болезнях людей по их фотоснимкам и т. д. Особенно хорошо в этом смысле изучены простейшие голографические фантомы, известные в техническом исполнении. Более развитые формы эти представления получают в теоретико-физических моделях структуры вакуума как вместилища вселенского поля сознания и генератора материальных объектов [17].

Генетический аппарат также может рассматриваться с этих позиций [2, 11, 25—29]. И особый интерес при этом вызывают фантомные эффекты ДНК [2, 4, 17] как источника потенциальной информации, обращенной как в прошлое, так и в будущее биосистемы. Фантомные эффекты ДНК имеют и другую ипостась, позволяющую подойти к их объяснению с позиции физики микролептонов (аксионов). ДНК, как и любая другая материальная структура, содержит в себе аксионный газ, участвующий, в соответствии с гипотезой [6], в синтезе ее свойств. С привлечением концепции вакуумных торсионных взаимодействий эта идея находит фундаментальное обоснование [17]. Аксионно-кластерная компонента может выходить за пределы ДНК и сохранять ее свойства в динамических структурах, обнаруживаемых лазерным зондированием. Такие аксион-макрокластерные образования (МО), моделирующие ДНК и ее динамику, могут служить средой, акустически колебания которой рассеивают фотоны (аксионный аналог Мандельштам-Брилюэновского рассеяния света на звуке), и кроме того, МО сами способны конвертировать в фотоны. Вполне возможно, что в работах [2, 4, 28] мы и группа Пекоры имели дело с макрокластерным двойником (фантомом) ДНК.

Сюда же довольно неожиданно примыкает и эффект Керврана, постулирующий способность клеточного ядра, состоящего в основном из ДНК, осуществлять холодный ядерный синтез с образованием новых атомов. Здесь происходит смыкание выдвигаемой нами идеи ДНК как резонатора Ферми-Паста-Улама, обращенного в вакуум и черпающего из него элементарные частицы для холодного ядерного синтеза, и ДНК как источника аксионов, агрегирующих при обычных температурах в новые атомы.

ДНК в составе хромосом нейронов головного мозга обладает еще одним существенным свойством, связанным с механизмами корковой памяти. Такая память человека имеет отчетливо выраженную и хорошо изученную голографическую природу [18, 19]. Тут выявляется тесная связь фундаментальных информационных процессов в биосистемах: солитонных состояний в знаковом дублете ДНК-РНК, в нервных импульсах с трансформацией их в голографическую память на уровнях генома и коры головного мозга. Нервный импульс (потенциал действия) является солитонным процессом в рамках явления возврата Ферми-Паста-Улама, так же как и нелинейные волновые процессы в хромосомах и ДНК. При этом определяющим обстоятельством выступает положение, что ключевой источник информации в нейроне — функциональный знаковый дублет ДНК-РНК, транслирующий свои сообщения в солитон нервного импульса, внутренняя колебательная

структура которого является кодирующей, в частности, — голографической знаковой системой [21]. Аналогичный принцип выдвинут нами и для трактовки механизмов кодирования высшей геноинформации в хромосомах, где солитон также способен свертывать эпигеноинформацию в знаковые колебательные (в том числе в акустические, речеподобные) структуры [22, 24—29].

Геноинформация и психостатус человека, таким образом, оказываются связанными прямой и обратной связями через резонансы Ферми-Паста-Улама и эта связь может быть реализована также и через фантомные атрибуты психо- и генограмм и (или) через память аксионных кластеров.

Изложенное соответствует работам, где продемонстрированы модели солитонной проводимости нервных импульсов через синаптическую щель [13, 14], концепции вакуумно-торсионных взаимодействий как фундаментальной основе поля сознания [17], а также нашим экспериментальным работам. Учитывая изложенное, рассмотрим биосистемы как носители супергенетических информационно-образных структур, в частности, — солитонно-голографических, продолжая наши исследования [1—3, 5, 11, 22, 24—29]. На уровне многоклеточных организмов с геномом, оформленным в полиядерный когерентный континуум, система гомоморфных отображений по стратегической линии Геном => Сoma осуществляет мощный эволюционный скачок. Здесь система отображений становится уже двусторонней, изоморфной. Два множества — организмы и их генетический аппарат — в ходе онто- и филогенеза в эволюционном процессе биосферы Земли взаимно меняют структуру образного строя Супер-Ген <=> Признак. Хромосомный континуум, как процессор солитонно-голографического биоконьютера, в каждом клеточном ядре и в их совокупности несет фрактальные множества голографических и иных образно-знаковых сверток потенциальных и реальных пространственно-временных структур биосистемы. В работах [1—3] мы рассматриваем в качестве возможных носителей супергенетической информации известные электромагнитные и акустические поля, генерируемые организмами, включая солитонные. Принципиальным в нашей версии биоморфогенеза является фактор продуцирования геномом голографических и иных отображений, организующих пространство-время биосистем и являющихся производными известных физических полей. Однако, в работах [2, 26, 27, 29] мы указали на фантомный эффект ДНК *in vitro*, ранее неявно в виде зарегистрированный в работе [4]. Он проявляется

как некий след, относительно долговременная память на присутствие ДНК в данном месте пространства, например, — кюветного от-

деления спектрометра светорассеяния. После удаления образца ДНК из прибора лазерный луч продолжает рассеиваться на «пустом» месте кюветного отделения примерно так, как это имело бы место, если бы продолжалось зондирование прежнего образца ДНК, но с существенно меньшим сигналом. Этот эффект (назовем его фДНК) после однократного часового экспонирования ДНК продолжается около месяца или более и затем постепенно исчезает или уходит за пределы разрешающей способности аппаратуры, но может быть снова воспроизведен. ЭТОТ эффект сильно затрудняет попытки объяснить динамическое поведение ДНК с позиций казалось бы хорошо разработанных теорий полимеров в водных растворах [4]. Вероятно, в работе [4] по изучению светорассеяния на рестриктных фрагментах ДНК, дифракция фотонов происходила не только на молекулах ДНК, но также на фантомных следах биополимера, оставляемых при броуновских смещениях, и в этом смысле было аналогично эффекту, обнаруженному нами ранее и более детально изученному здесь. Вполне возможно, что непосредственное отношение к генерации фДНК имеет и солитонное поле, функционирующее на основе явления возврата Ферми-Паста-Улама (ФПУ) и продуцируемое ДНК [3]. Радиоэлектронный аналог такого рода волновых процессов ДНК, генератор ФПУ, способен к «считыванию», дистантной «трансляции» и избирательному введению супергенетической информации из генома-донора в геном-акцептор [2].

Конкретным предметом настоящего исследования, в связи с изложенным выше, является анализ корреляционно-временной колебательной структуры ДНК и ее фантомов, а также нелинейно-динамическое поведение ДНК-акцептора, дистантно управляемое с помощью ДНК-донора через ДНК-фантомные структуры и сопоставление этих экспериментов с опубликованными нами ранее генетико-эмбриологическими опытами [2] и теоретическими построениями [3], объясняющими некоторые из этих феноменов.

4.2. Материалы и методы

Использовали высокополимерные, высокоочищенные препараты ДНК из эритроцитов цыплят, тимуса телят и из спермы лосося в виде солей натрия либо в стандартном солевом растворе — 0,1 М цитрат-Na, 0,15 М NaCl, 10 мМ EDTA, pH = 7,0, либо в воздушно сухом виде (твердый гель). Препараты помещали в пластиковые кюветы 12×12 мм² высотой 8 см или в стеклянный капилляр с внутренним диаметром 1 мм. Спектральные исследования, т. е. регистрацию вре-

менных автокорреляционных функций (АФ) светорассеяния, проводили на измерительном комплексе для спектроскопии корреляции фотонов «MALVERN 4700», включающем в себя спектрометр рассеянного света с переменным углом ориентации фотоумножителя, He-Ne лазер с мощностью излучения 25 мВт и длиной волны 632,8 нм, а также 128-канальный 8-разрядный коррелятор, подключенный к персональному компьютеру «OLIVETTI». Угол светорассеяния составлял, как правило, 70°. Использовали также аналогичный спектрометр оригинальной конструкции на 1023 канала, сочлененный с ЭВМ типа ЕС. Данная установка была пространственно отделена от спектрометра MALVERN приблизительно на 30 км. Экспонирование кюветного отделения спектрометров проводили либо в водной среде термостата, либо в комнатной атмосфере в отсутствие водного термостата. Дальнее дистантное воздействие (ДНК => фантом -> ДНК) и (ДНК => кюветное отделение спектрометров) проводили на расстоянии 2 м и около 30 км. Контрольные эксперименты по возможному влиянию пылевых загрязнений и по установлению пространственной устойчивости фДНК проводили, продувая кюветное отделение MALVERN током газообразного обеспыленного азота. Использовали также инфракрасный лазер-Ga-As с длиной волны 890 нм в импульсном режиме со средней мощностью 0,6 Вт. Контрольные эксперименты по Фантомообразованию включали в себя 1,5-часовую непрерывную регистрацию темнового тока и фоновых автокорреляционных функций до экспонирования кюветных отделений препаратами ДНК в идентичных режимах работы спектрометров. Обработку данных по корреляционной спектроскопии вели с помощью компьютерных программ М. Ю. Маслова (Математический Институт РАН).

4.3. Динамическое поведение ДНК в обычных условиях

Ранее мы показали, что гели ДНК обладают характерной способностью поддерживать собственные аномально долго затухающие звуковые колебания, аналогичные по ряду признаков явлению возврата Ферми-Паста-Улама (ФПУ) и относящиеся к солитонным возбуждениям [2]. Вероятно, это фрактально масштабированное до макроуровня гелей ДНК явление возврата ФПУ, первоначально предсказанное для электромагнитного поля одномерной цепи ДНК [31]. Это важная, но не единственная специфическая особенность динамики ДНК [5], динамики, которая, вероятно, является своеобразным супергенетическим языком генома [1—3], регистрируемым, по крайней мере ча-

стично *in vitro*, в условиях лазерной спектроскопии. Другой атрибутом квазиспонтанной динамики ДНК — это сочетанный с ней процесс фантомообразования, имеющий, вероятно, фундаментальное значение для высших кодов генома организмов Земли.

Именно последний фактор заставляет нас в данном экспериментальном исследовании акцентировать внимание на форме (типе) и динамике временных АФ светорассеяния гелей ДНК и их фантомных отображений, имея в виду, что это генобиосигналы *in vitro*, ранее неизвестные. Типичные акустические колебания ДНК, регистрируемые как флуктуации автокорреляционных функций и описанные нами ранее [2, 5], — это в той или иной степени модулированные синусоиды с различными периодами и со спецификой строгих временных повторов идентичных спектральных составов. Такие штатные волновые процессы ДНК приведены на рис. 1. Синусоидальный характер колебаний прослеживается в широком диапазоне времен дискретизации от 500 до 990000 мксек/канал, в чем выражается его временная фрактальность.

4.4. Обнаружение фантомов ДНК (фДНК)

В приводимых экспериментах особое внимание было уделено контрольным замерам светорассеяния в воздушной и водной средах — местах потенциальной генерации фантомов препаратами ДНК в кюветных отделениях спектрометров. Измерения проводили или в пустом кюветном отделении, или, помещая туда пустые кюветы. Одна из таких типичных серий приведена (см. рис. 2.). После этого в кювету вводили препарат ДНК и помещали в кюветное отделение. После извлечения образцов ДНК, независимо от того в каком виде находилась ДНК (твердый гель, мягкий гель, раствор) и независимо от среды экспонирования (воздух, вода, газообразный азот) — пространство нахождения ДНК, вероятно, меняет свои физические свойства. Этот феномен становится особенно четко выраженным на вторые-четвертые сутки после экспонирования препаратом ДНК и характеризуется рядом признаков, имеющих в основном черты отличия от поведения ДНК, но в определенных условиях тип нелинейной динамики ДНК и фДНК практически тождественны. На графиках рис. 3. приведены АФ фДНК, которые разнообразны, динамичны во времени и, вероятно, в пространстве, взаимопереходят друг в друга и могут резко менять амплитуду в зависимости, по крайней мере, от 2-х параметров: времени от начала эксперимента и от времени дискретизации. Если последнее выбрано достаточно коротким (500—2000 мксек/канал), а именно в

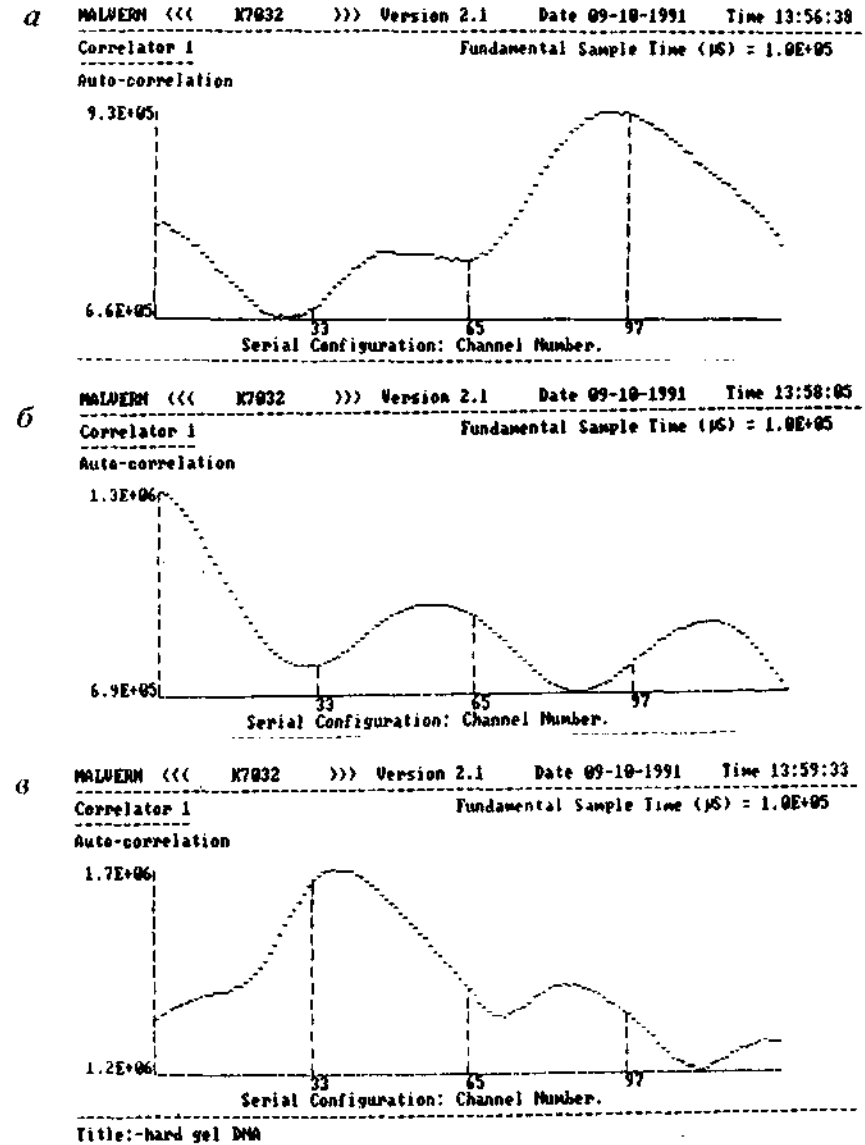
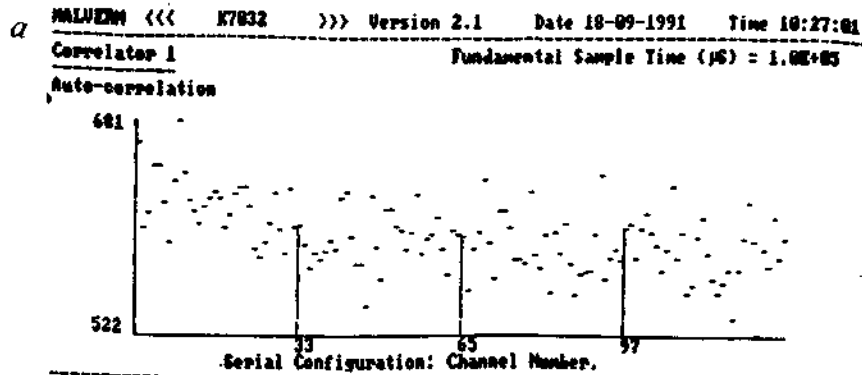
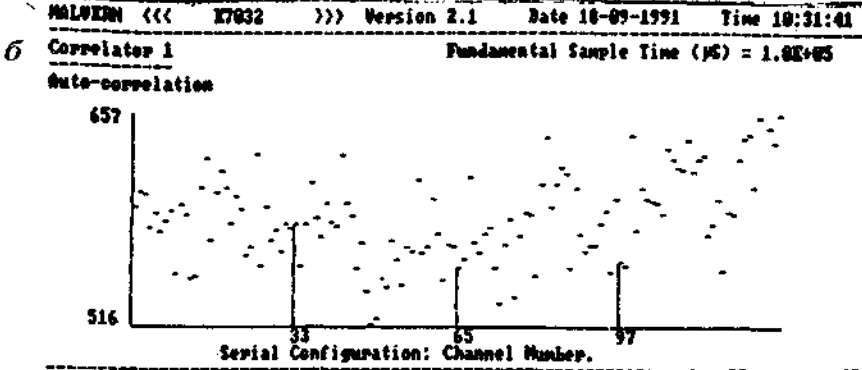


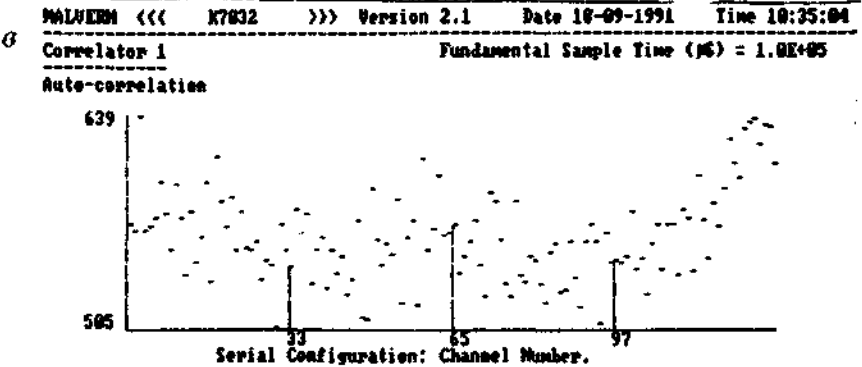
Рис. 1. Пример обычных (штатных) флуктуаций АФ ДНК, отображающих акустические колебания биополимера в прямоугольной кювете.



Title:-BACKGROUND (empty) avg.68 no c

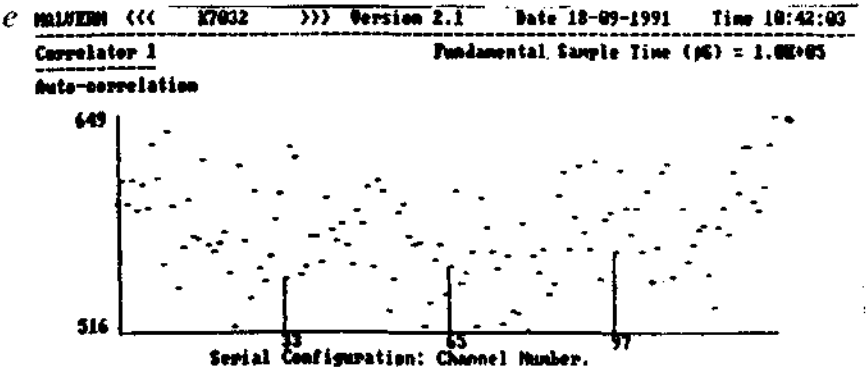
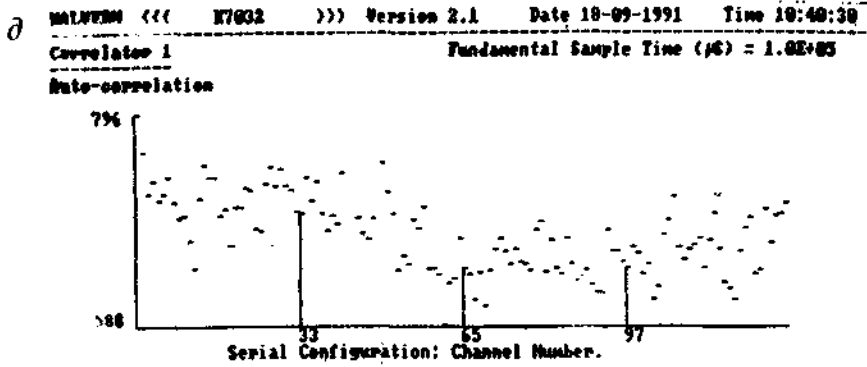
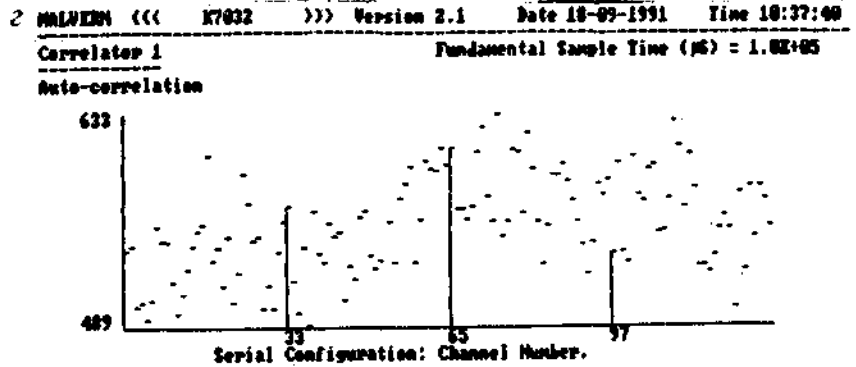


Title:-BACKGROUND (empty) 68.5 no cov



Title:-sta

Рис. 2 а, б, в.

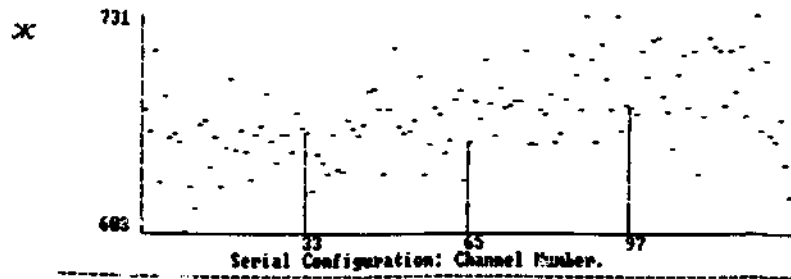


Title:-BACKGROUND (empty) 69.5 no cov

Рис. 2 г, д, е.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 18-09-1991 Time 10:46:52
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μS) = 1.0E+05

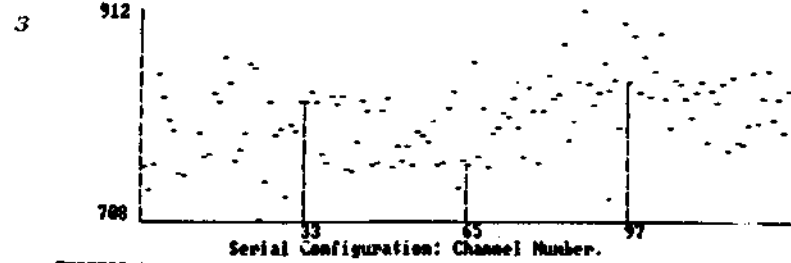
Auto-correlation



Title: -BACKGROUND (empty) 78 no cuv.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 18-09-1991 Time 10:54:44
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μS) = 1.0E+05

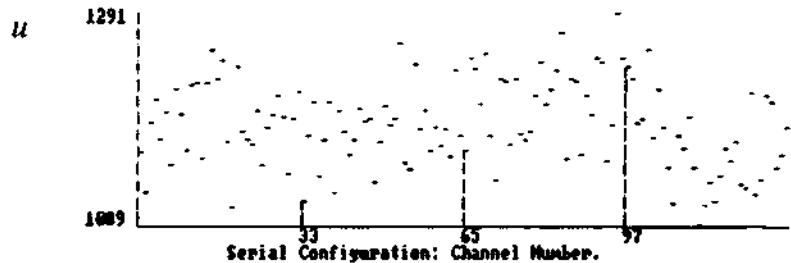
Auto-correlation



Title: -BACKGROUND (empty) 78.5 no cuv

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 18-09-1991 Time 11:02:14
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μS) = 1.0E+05

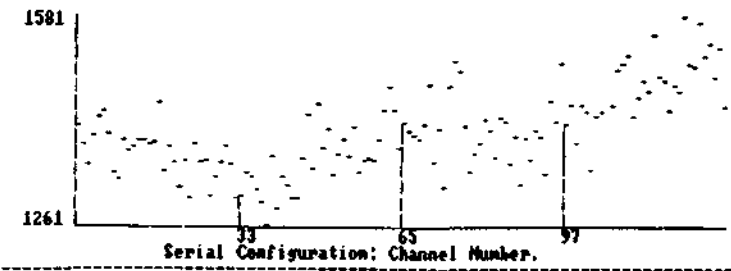
Auto-correlation



Title: -BACKGROUND (empty) 71 no cuv.

K MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 18-09-1991 Time 11:06:30
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μS) = 1.0E+05

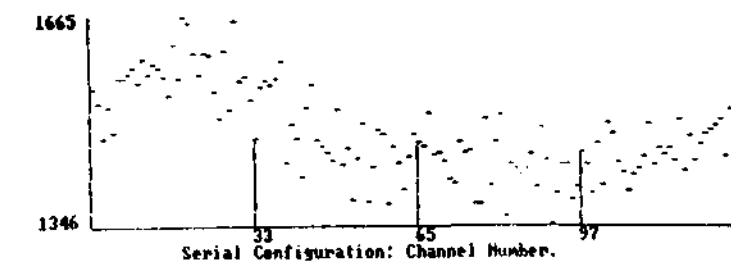
Auto-correlation



Title: -BACKGROUND (empty) 71.5 no cuv

Л MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 18-09-1991 Time 11:10:00
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μS) = 1.0E+05

Auto-correlation



М MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 18-09-1991 Time 11:24:22
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μS) = 1.0E+05

Auto-correlation

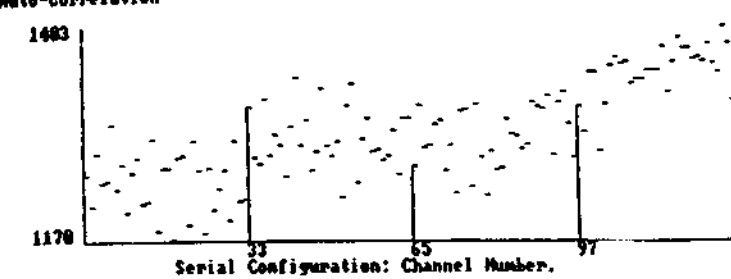
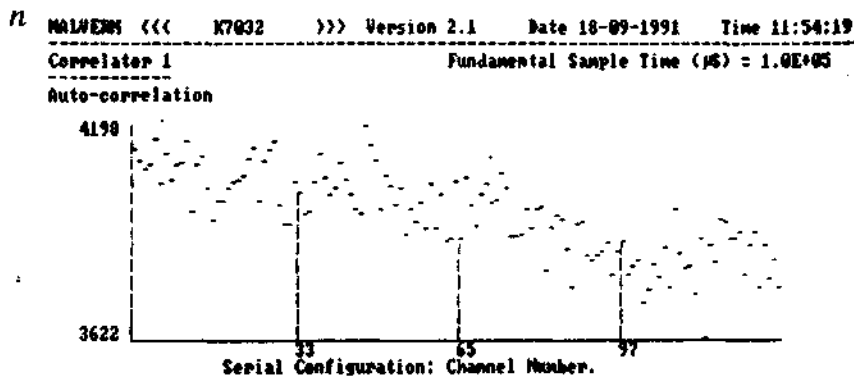
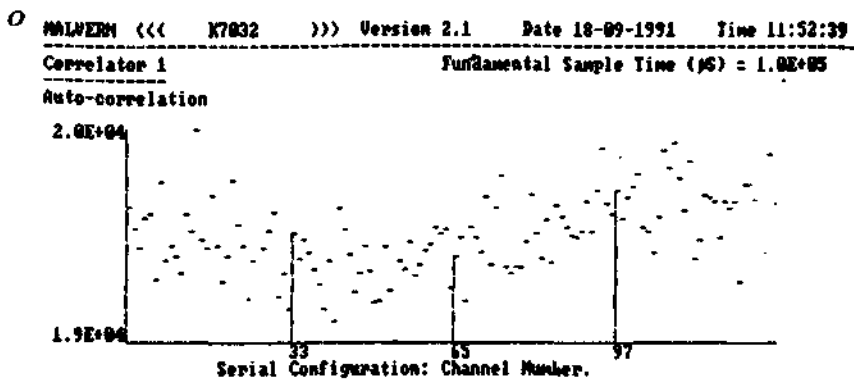
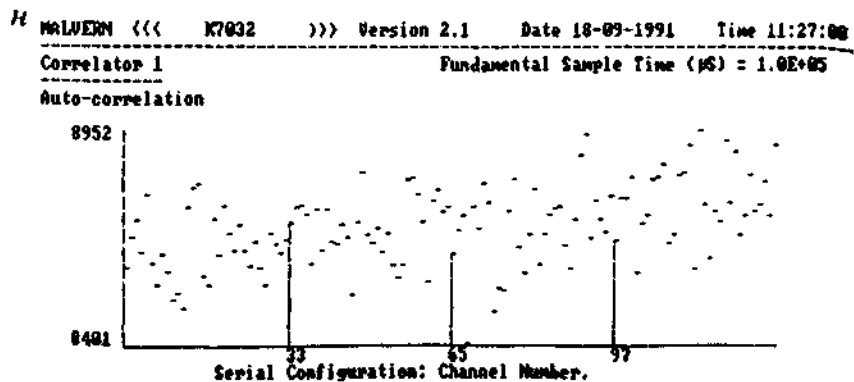
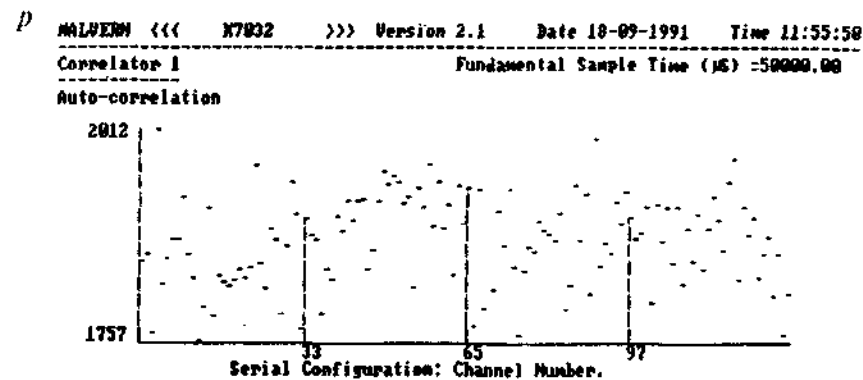
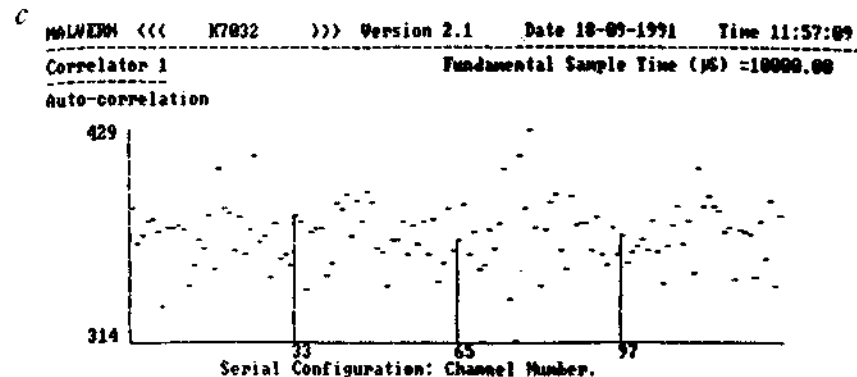


Рис. 2 ж, з, и.

Рис. 2 к, л, м.



Title:-BACKGR.(square cov.10mm)empty



Title:-BACKGR.(square cov.10mm)empty

Рис. 2 (а-с). Серия типичных замеров (а-с) в воздушной среде в течение 1,5 часов до экспонирования препаратом ДНК. Время накопления сигнала — 5 сек. На графиках (м), (п) время накопления — 10 сек., на графиках (н), (о) время накопления — 60 сек.

Рис. 2 н, о, п.

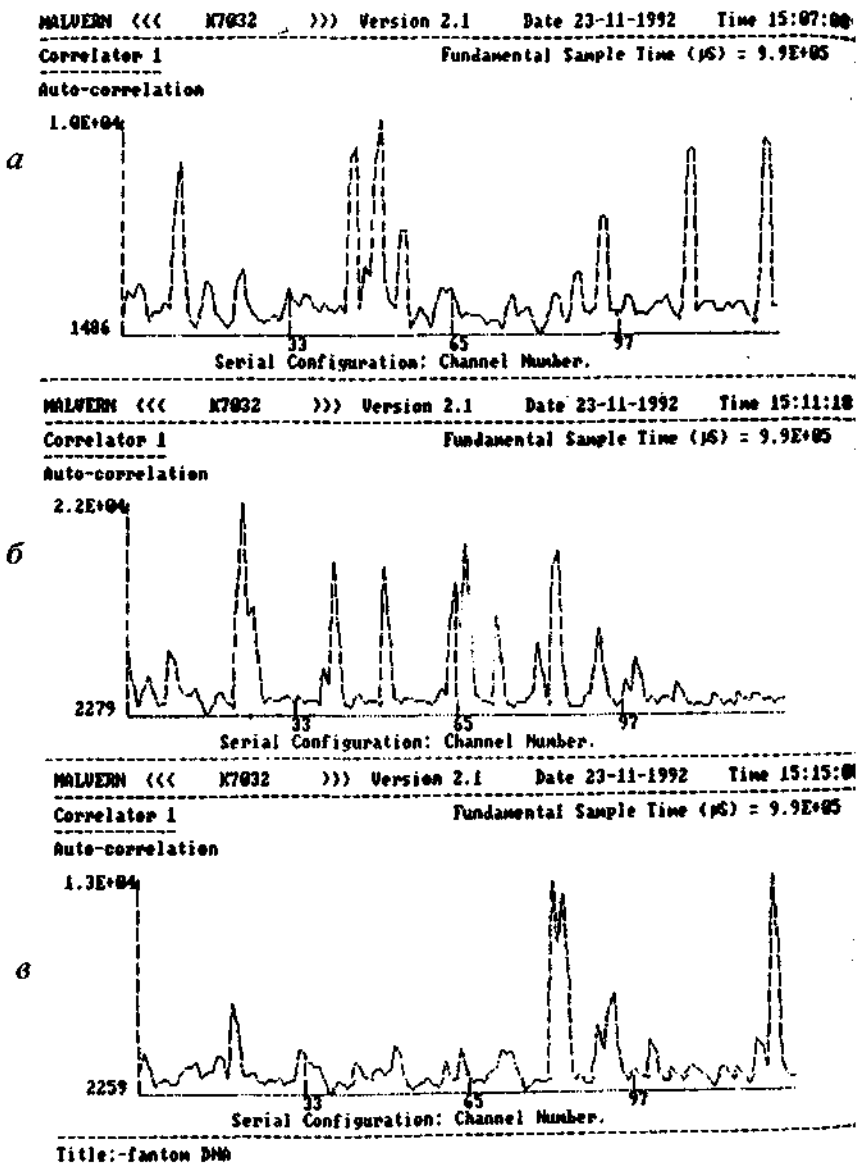


Рис. 3. Типичные фДНК, зафиксированные с большим временем дискретизации 990000 мксек/канал. Интервал съемки ~ 4 мин.

этих или более коротких интервалах работают, как правило, исследователи, АФ фДНК не регистрируются. Это означает, что условия обнаружения фДНК не соблюдены. Если время дискретизации значительно увеличить (20000 мксек/канал и более), картина будет иная. На таких временах обнаруживается большое многообразие АФ фДНК с их уникальной динамикой, которая носит неслучайный, вероятно, семантико-эпигенетический характер, связанный, можно думать, с вербальными характеристиками ДНК [24—29]. Варьирование временными окнами коррелятора позволяет анализировать АФ фДНК с большей или меньшей разрешающей способностью. Обращает на себя внимание одна черта фДНК, важность которой будет обсуждена ниже: при слиянии интенсивных пиков АФ фДНК образуются трапециевидные структуры с модулированной вершиной и с разной шириной основания, и наоборот, эти структуры могут расщепляться на более или менее тонкие пики. То же относится и к малоинтенсивным пикам. В этом одно из проявлений временной фрактальности АФ фДНК. Если отобразить АФ фДНК в 3-х-мерной графике, где в качестве 3-й оси будут номера функций, следующих друг за другом во времени, и ввести звук, тон которого будет зависеть от величины функции, то «проигрывание» такого графика сопровождается своеобразной ритмической «мелодией». Примеры таких графиков даны на рис. 4, 5. Трапециевидные АФ фДНК можно рассматривать как интеграл узких пиков (или трапеций). В свою очередь, каждый пик можно представить как два фазовых перехода: первый означает резкое линейное возрастание величины АФ фДНК, второй говорит о ее таком же падении. В таком случае вершины трапеций или низкоинтенсивные промежутки между ними логично представить как интеграл вершин пиков (трапеций) или как штатное синусоидальное колебание, являющееся предшественником потенциальных фазовых положительных или отрицательных переходов. Существенно, что ДНК в обычных условиях, без специальных дистантных влияний, используемых нами, фазовых переходов такого рода не дает.

Продувка кюветного отделения спектрометра «Malvern» газообразным обеспыленным азотом приводит к временному исчезновению фДНК. После прекращения продувки происходит регенерация АФ фДНК в течение 5—10 минут.

Date: 15-12-1992 Time: 15:48:27 Title: Porvin Sam: 500000.0 mks

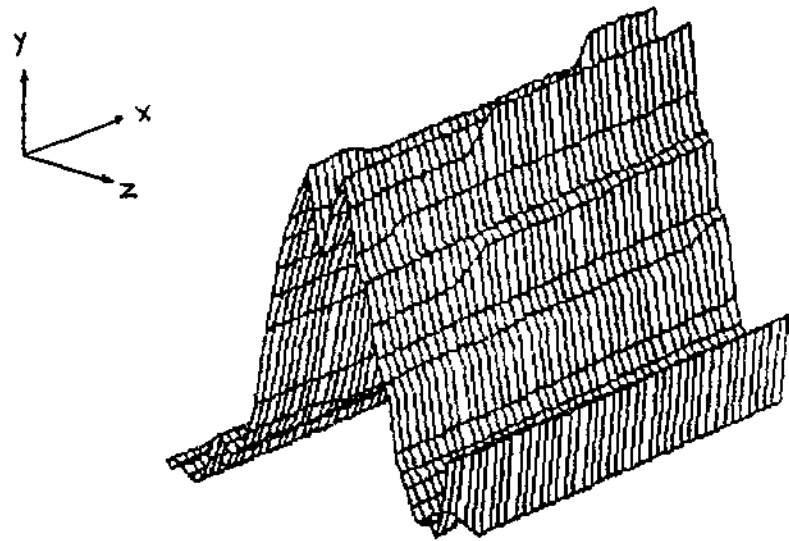


Рис. 4. 3-х-мерный график блока из 50-ти АФ ФДНК. X-номер канала коррелятора, Y-величина АФ, Z-номер функции

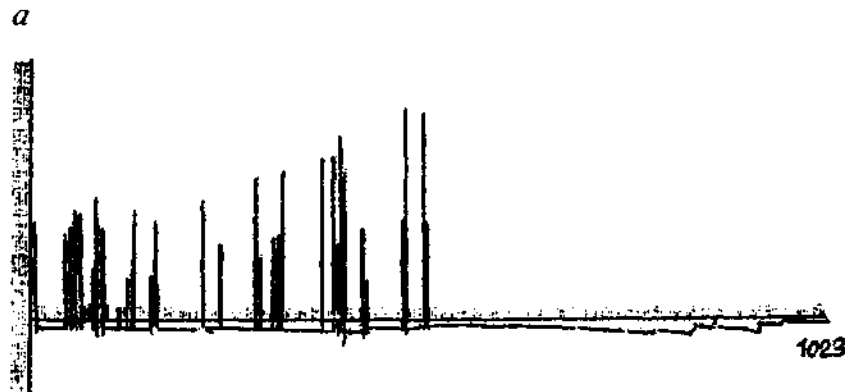
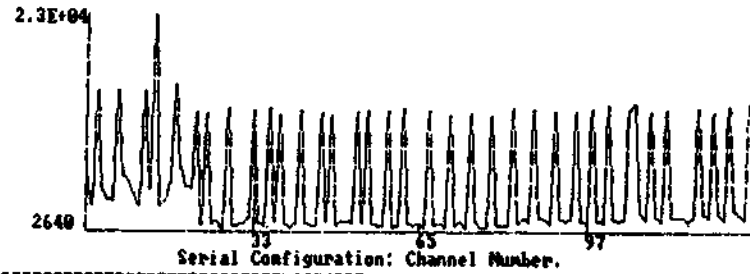


Рис. 5а. Иллюстрация однотипности ФДНК в воде при дальней трансляции ФДНК.

б

MALVERN ((K7032)) Version 2.1 Date 15-11-1992 Time 17:06:45
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (MS) = 1.0E+05

Auto-correlation



Title:-fantom DWA

Date: 18-12-1992 Time: 11:51:21

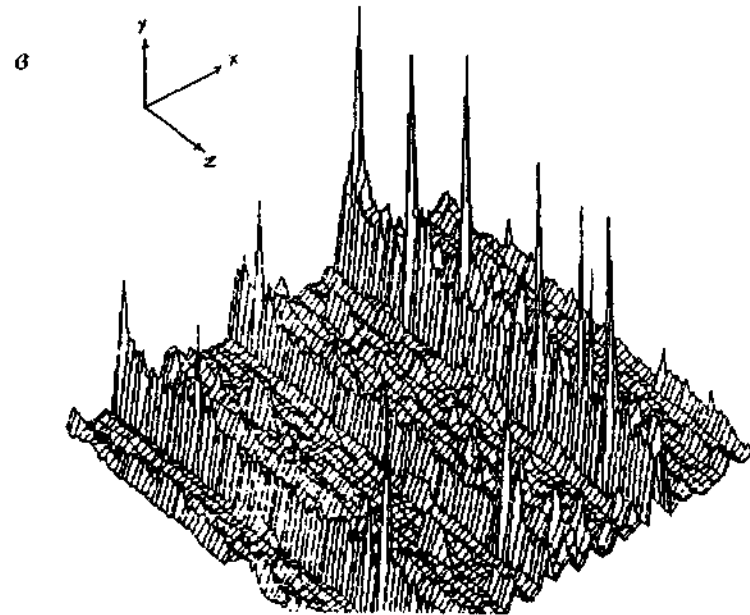


Рис. 5. Иллюстрация однотипности ФДНК в воздухе при ближней (б) с использованием разных спектрометров. Блок функций данного типа (а).

4.5. Дистантные воздействия на ДНК

Однократное облучение геля ДНК непосредственно в кювете через верхнюю, контактирующую с воздухом, часть модулированным ИК-лазерным полем приводит к фазовому положительному переходу АФ светорассеяния с выходом на относительно стационарный уровень, длящийся около 2-х минут, с последующим отрицательным фазовым переходом (возвратом к старому состоянию) (рис. 6). Последующие аналогичные воздействия ИК-лазером на этот же препарат ДНК уже не сопровождаются фазовыми переходами, но резко хаотизируют динамику ДНК, при этом стохастические и гладкие АФ приобретают четкий периодический характер, реализуя, видимо, сложный возврат ФПУ. Фактически это означает, что имеет место «запись» когерентного ИК-поля на многомерном динамическом континууме ДНК (см. гл. 9, ч. 2). В данной ситуации существенно и другое: полученные фазовые переходы идентичны как бы спонтанным фазовым переходам на АФ фДНК (см. рис. 3).

Другой пример фДНК-подобных фазовых переходов на ДНК получен нами уже принципиально иным путем. Был создан внекомпьютерный комплекс, находящийся примерно в 30 км от обоих используемых спектрометров светорассеяния. В состав комплекса входит специальное оборудование, созданное по know how (автор — Л. М. Порвин) и использующее, в частности, т. н. «эффект формы» и точную географическую привязку спектрометров. В 1992 г. была начата серия экспериментов с использованием указанного биокомпьютера для дистантной передачи информации с ДНК-доноров на ДНК-акцепторы, находящиеся в кюветных отделениях обоих спектрометров, а также на пустые кюветные отделения. Одна из таких серий приведена целиком на рис. 7 (а—и), (спектрометр «MALVERN»). Она началась 18 марта 1992 г. в 11 час. 49 мин. 31 сек. и закончилась в 14 час. 02 мин. 51 сек. того же дня. Донором и акцептором здесь служил один и тот же, разделенный на две части препарат ДНК из тимуса теленка. Одну часть помещали в биокомпьютерный комплекс, а другую — в спектрометр «MALVERN». В первые минуты режима «считывания — трансляции», т. е. ДНК — ДНК дистантной связи, наблюдались штатные синусоидальные колебания геля ДНК-акцептора (рис. 7 (а—г)). Затем были зарегистрированы (+) и (–) фазовые переходы (рис. 7 (д—з)), и, наконец, выход из состояний фазовых переходов (рис. 7 (и)) с возвратом к штатным флуктуациям. В процессе передачи информации наблюдались мощные перепады уровня светорассеяния от одной функции к другой. Важно отметить, что ДНК-донор передавал не только свою

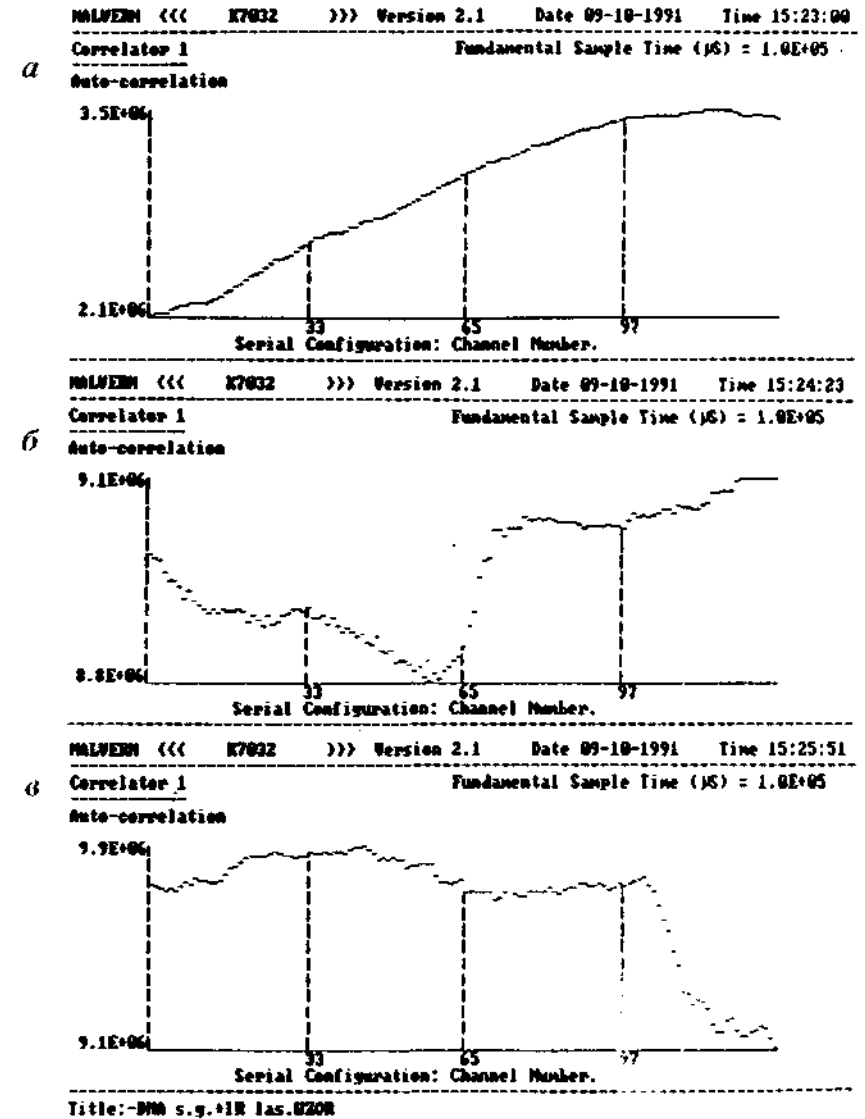
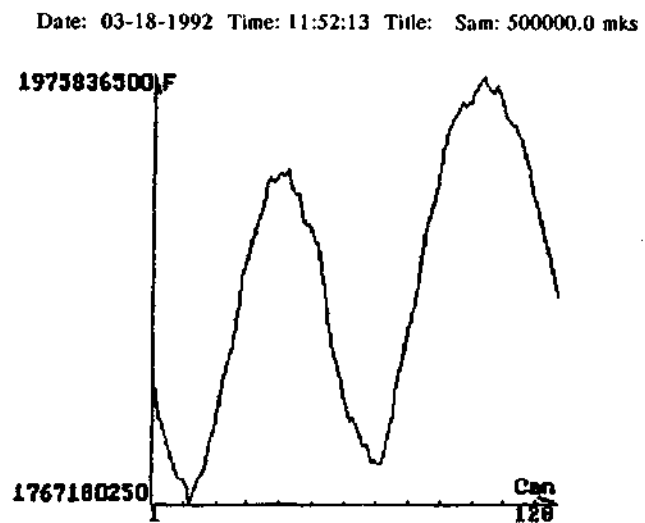


Рис. 6. Действие ИК-лазера на ДНК в прямоугольной кювете. $\tau = 100000$ мксек/канал. Концентрация ДНК 3 мг/мл. Режим лазера: воздействие — 4 сек., частота модуляции 600 Гц, мощность — 0,6 Вт. (а) — до воздействия, (б) — начало воздействия и положительный фазовый переход АФ в районе 65-го канала коррелятора, (в) — конец ответа ДНК в виде отрицательного фазового перехода АФ в районе 100-го канала.

a



b

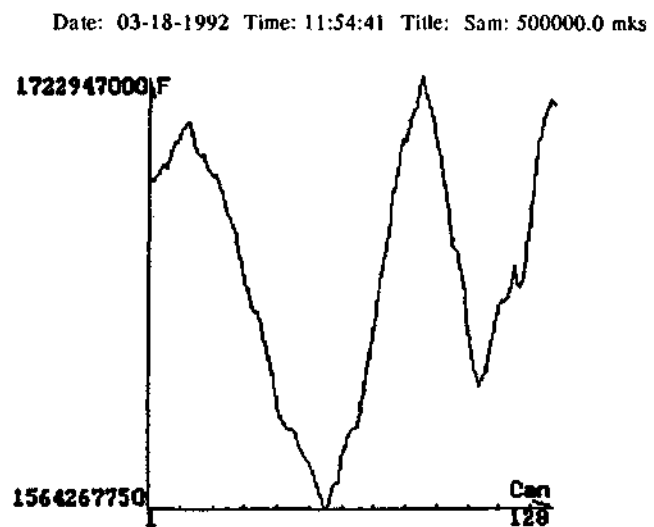
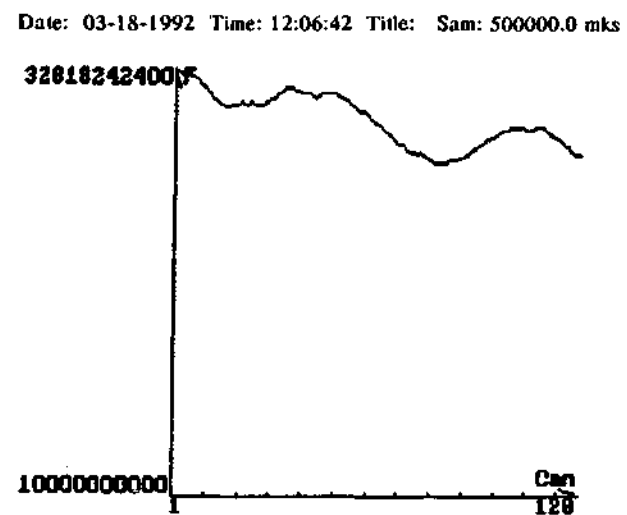


Рис. 7 а, б

в



г

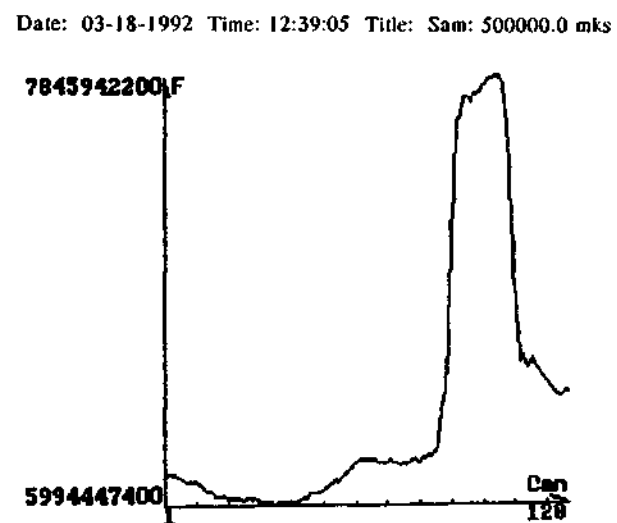
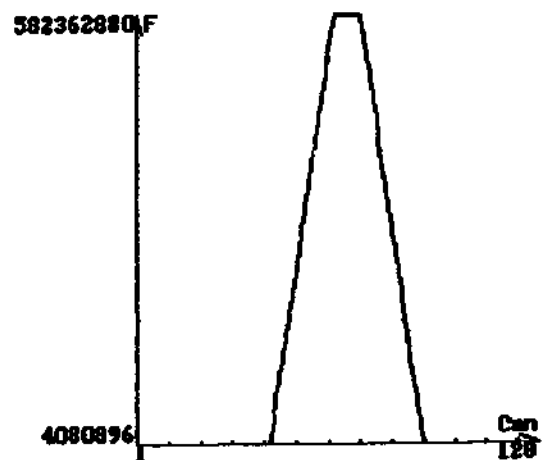


Рис. 7 в, г.

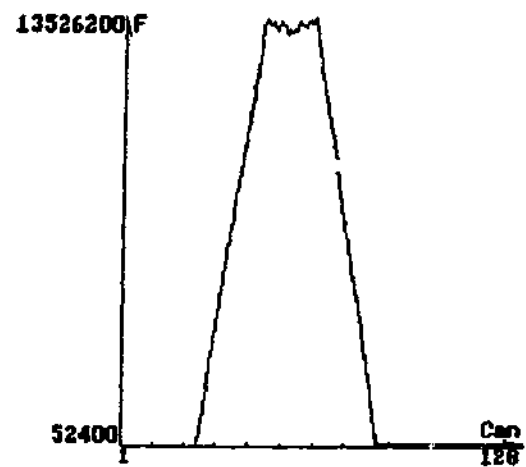
d

Date: 03-18-1992 Time: 13:04:12 Title: Sam: 500000.0 mks



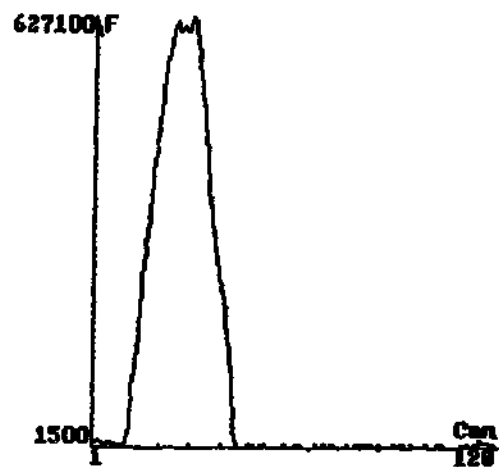
x

Date: 03-18-1992 Time: 13:21:09 Title: Sam: 500000.0 mks



e

Date: 03-18-1992 Time: 13:16:27 Title: Sam: 500000.0 mks



3

Date: 03-18-1992 Time: 13:57:49 Title: Sam: 500000.0 mks

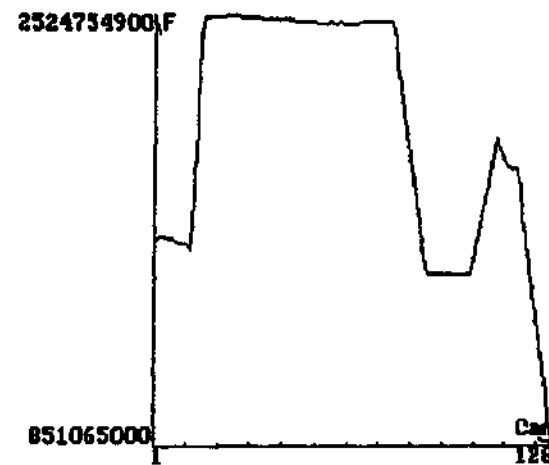


Рис. 7 д, е.

Рис. 7 ж, з.

и

Date: 03-18-1992 Time: 14:02:51 Title: Sam: 500000.0 mks

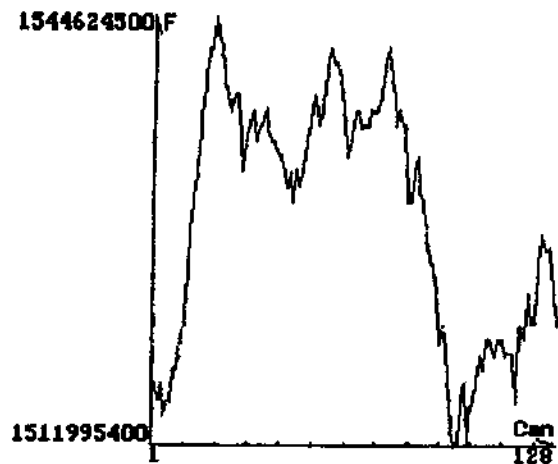


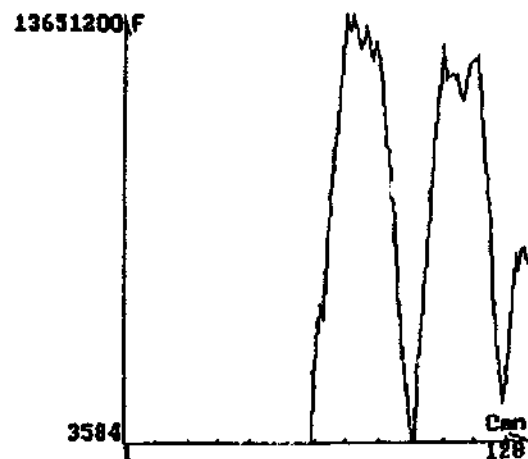
Рис. 7 (а-и). Экспериментальная серия дальнего ДНК-ДНК воздействия, ДНК-акцептор в прямоугольной кювете

собственную информацию, но и введенную в него искусственно, поэтому он был также и ретранслятором. Особенно четко искусственность, планируемая заданность сигнала обнаруживается на рис. 7 (д-з), представляющим или идеальную трапецию, или трапеции с несколькими четкими искусственными фазовыми переходами — выходами на высокую корреляцию, удержанием ее на одном уровне и возвратом к прежним состояниям. Возможно, такое поведение — одна из форм возврата ФПУ.

Рис. 8 иллюстрирует другой существенный факт, а именно очевидное сходство (в определенных условиях) характера колебаний АФ ДНК-акцептора и динамики АФ фДНК, что и является одним из главных результатов настоящей работы. Это говорит в пользу предложенной нами ранее версии работы генома [1-3] и развивает ее в других отношениях. Мы полагали, что межклеточные и межканальные сигнальные отношения реализуются через посреднические функции акустико-электромагнитных солитонов, генерируемых хромосомным биокомпьютером. Однако, обнаруженная нами память ДНК на уровне ее

а

Date: 03-18-1992 Time: 13:09:39 Title: Sam: 500000.0 mks



б

Date: 12-18-1992 Time: 12:05:33 Title: Sam: 500000.0 mks

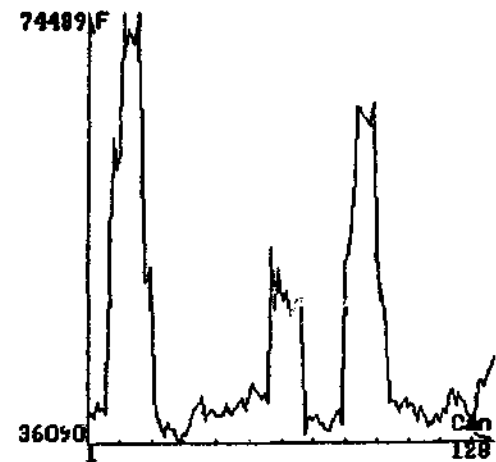


Рис. 8. Иллюстрация однотипности специфического характера АФ ДНК(а) и фДНК(б). ДНК в прямоугольной кювете. $\tau = 500000$ мксек/канал.

фантомных отображений свидетельствует о вкладе в работу генома и других факторов, возможно, вакуумной природы с непосредственным участием фДНК.

Верификация зарегистрированных явлений была проведена по двум линиям. Первая — путем сопоставления дистантных воздействий (ДНК → ДНК) и (ДНК ⇒ кюветное отделение) в разных спектрометрах. Вторая включала в себя уменьшение расстояния дистантного действия (ДНК ⇒ фДНК ⇒ ДНК) при использовании установки «MALVERN». В последнем случае на расстоянии 2 метра от ДНК-акцептора, находящегося в спектрометре, были проделаны пространственные перемещения препарата ДНК-донора в радиусе 1,5–2 м, близкие или аналогичные таковым при дальних ДНК ⇒ ДНК воздействиях. На рис. 9 приведены две АФ ДНК, полученные 18.03.1992 г. и 15.12.1992 г. на «MALVERN» при дальнем и при ближнем ДНК ⇒ ДНК воздействии с одинаковым временем дискретизации. Для обеих АФ ДНК характерны типичные фазовые переходы, которые являются признаком и АФ фДНК. Отметим, что АФ ДНК-ответ на дальнее воздействие от 18.03.1992 г. (рис. 7з) имеет большее число фазовых переходов. Здесь одна, и может быть — немаловажная деталь: при дальнем воздействии использовали ДНК из тимуса телят, а при ближнем — ДНК из эритроцитов цыплят. На рис. 10 аналогичный эксперимент, но с использованием уже двух спектрометров. Рис. 10 (а) демонстрирует дальнее ДНК ⇒ ДНК воздействие по характерным фазовым переходам АФ ДНК (спектрометр оригинальной конструкции на 1023 временных канала коррелятора, донор — ДНК из тимуса телят, акцептор — ДНК из спермы лосося). Рис. 10 (б) показывает ближнее ДНК ⇒ ДНК воздействие (спектрометр «MALVERN», донор и акцептор — ДНК из эритроцитов цыплят). Обе АФ близки по характеру, но та, что является ответом на дальнее воздействие (5) богаче фазовыми переходами. И другое отличие — обе АФ записаны с разными временами дискретизации и использованы разные ДНК. Суммарное временное окно коррелятора при дальнем воздействии — 3 секунды, при ближнем — 64 секунды. Сходство обеих АФ при таких существенно различающихся временах дискретизации еще раз подтверждает отмеченную выше временную фрактальность АФ ДНК, и служит косвенным критерием того, что мы имеем дело с дистантно транслируемой динамикой именно ДНК. Нюансы в модуляциях АФ и на рис. 9, и на рис. 10 могут быть отражением специфики ДНК, зависящей от таксономического положения биосистемы — источника ДНК. Временная фрактальность нелинейной динамики АФ ДНК и АФ фДНК позволяет прогнозировать неопределенно длительные их фазовые состояния, что подтверждается

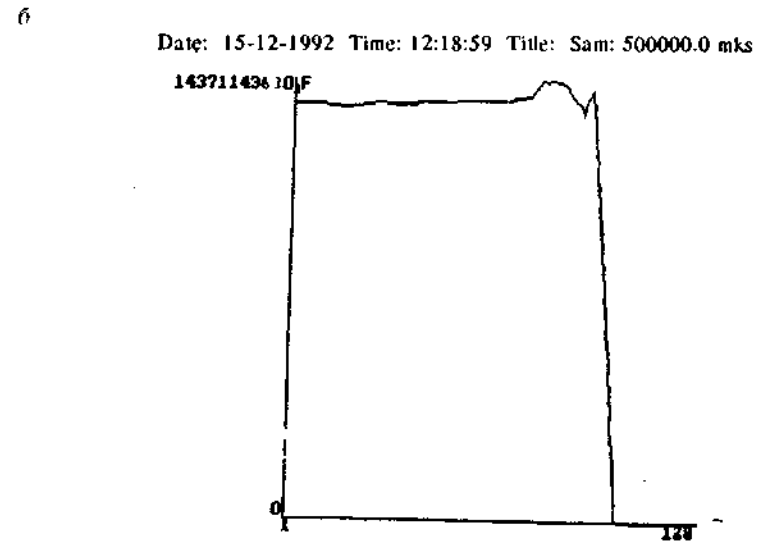
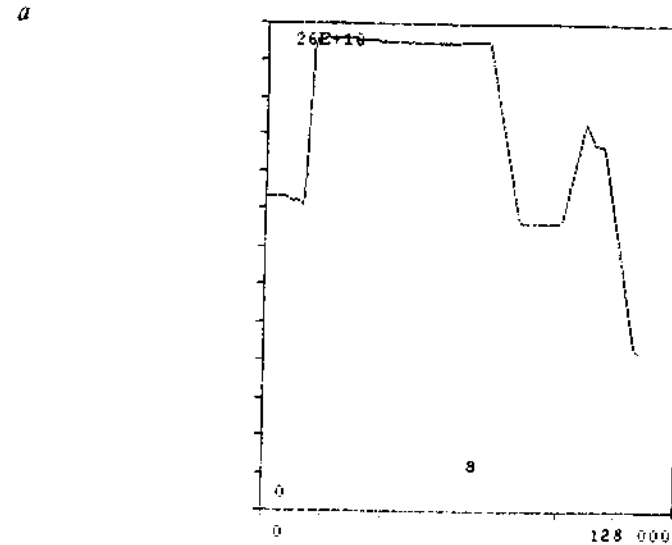
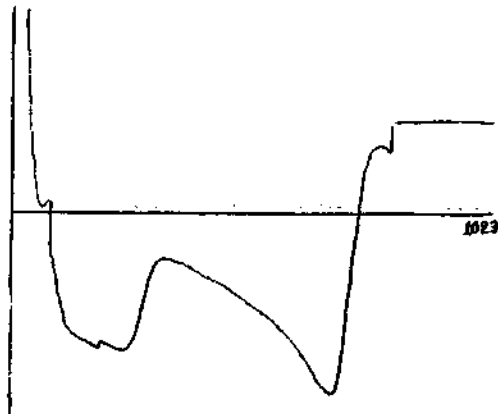


Рис. 9. Иллюстрация однотипности фазовых переходов АФ ДНК при дальних (а) и ближних (б) ДНК—ДНК дистантных воздействиях с использованием одного и того же спектрометра «Malvern». ДНК-акцептор в прямоугольной кювете. Для (а) $t = 990000$ мксек/канал, для (б), $t = 500000$ мксек/канал.

a



b

Date: 15-12-1992 Time: 12:52:11 Title: DNA GOR Sam: 500000.0 mks

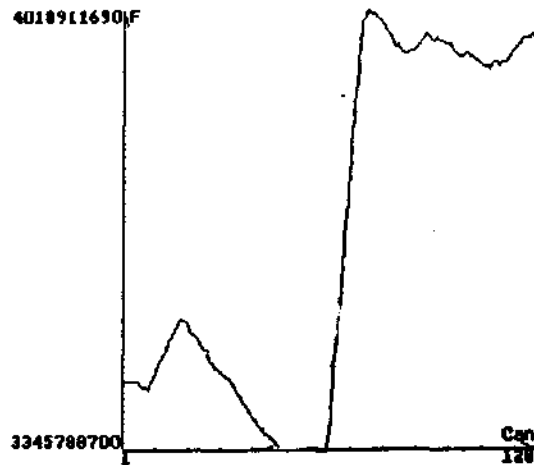


Рис. 10. Аналогично рис. 9, но с разными спектрометрами. При использовании спектрометра с 1023 каналами ДНК помещали в стеклянный капилляр, i - 3000мксек/канал (а) (дальнее воздействие). При использовании спектрометра MALVERN ДНК помещали в прямоугольную кювету, i - 500000 мксек/канал (б) (ближнее воздействие). Стратегический характер фазовых переходов ДНК не зависит ни от формы кюветы, ни от времени дискретизации, ни от типа ДНК.

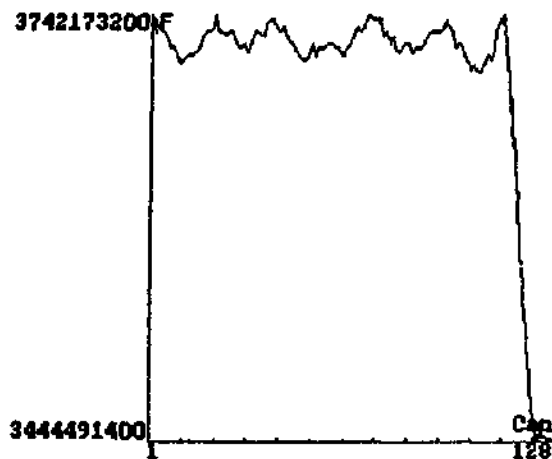
в наших экспериментах. Так, при ближних ДНК => ДНК воздействиях нам не удалось зафиксировать чисто трапециевидные АФ ДНК именно по этой причине, что видно на рис. 11. В этом случае выявляются либо правая, либо левая стороны «трапеций». Особенно отчетливо это же видно на трехмерном графике (рис. 4), где по оси Z отложены все 50 функций так, как они записывались через одинаковые промежутки времени в серии ближних ДНК => ДНК воздействий. Отличие рис. 11 от рис. 4 в том, что на последнем мелкие модуляции функций сглажены за счет масштабирования. Еще один пример дальней трансляции структуры колебаний ДНК, но на этот раз не на ДНК-акцептор, а на воду кюветного отделения спектрометра с 1023 каналами, на рис. 5 (а). Вода акцептирует информацию от ДНК-донора, видимо, через фДНК. Такие легко узнаваемые АФ фДНК можно зафиксировать, например, в «пустом» кюветном отделении спектрометра «MALVERN» после экспозиции его образцом ДНК (рис. 5(б)). Блок аналогичных АФ фДНК приведен на (рис. 5(в)). То, что фДНК «записываются» на воду и она становится неким динамичным эквивалентом флуктуирующих ДНК, хорошо соответствует нашей парадигме работы хромосомно-водного континуума с уникальной памятью воды, фрактально размножающей супергенетическую информацию по всему объему биосистемы [3], а также, в определенных случаях, за ее пределы [2].

4.6. Обсуждение результатов

Легко узнаваемые типы автокорреляционных функций, индуцированные ИК-лазером на ДНК и биокомпьютерным комплексом на ДНК и фДНК, имеют общие черты, однако, биокомпьютерный комплекс не использует ИК-поле. Одно и то же следствие здесь вызывается разными причинами. Возможно, ключевые механизмы образования фДНК связаны с генерацией ДНК микролептонов (аксионов), продуцируемых всеми телами и несущих информацию о них. Идея микролептонного газа [6] дает возможность объяснить Фантомообразование молекулами ДНК при корреляционной спектроскопии как аксионный аналог Мандельштам-Брилюэновского рассеяния света на гиперзвуке, при котором фотоны дифрагируют на акустических колебаниях макрокластеров микролептонов, отображающих эпигенотическую динамику ДНК. Другая сторона исследуемого явления выходит на гипотетические вакуумные энергоинформационные структуры, поскольку аксионы — претенденты на первичные элементарные частицы, порождаемые вакуумом [17]. Исследуемые в данной работе и в предшеству-

a

Date: 12-15-1992 Time: 15:46:02 Title: Porvin Sam: 500000.0 mks



б

Date: 12-15-1992 Time: 16:32:16 Title: Porvin Sam: 500000.0 mks

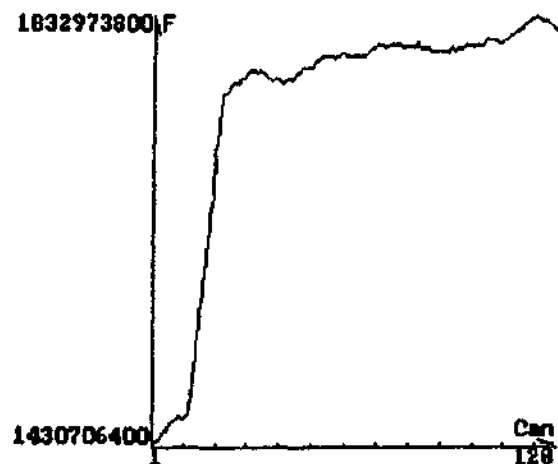


Рис. 11. Две выборочные АФ ДНК с положительным (а) и отрицательными (б) фазовыми переходами из экспериментальной серии ближнего ДНК-ДНК воздействия. ДНК-акцептор в прямоугольной кювете.

ющих исследованиях [1—3, 5] явления развивают идеи А. А. Любищева и А. Г. Гурвича [7, 8] о «сборной хромосоме» (хромосомно-волновый солитонно-голографический континуум), о генах, «подобных хору», (акустические супер-генознаковые флуктуации ДНК и ее отображений-фантомов), об эмбриональном хромосомном поле (акустико-электромагнитные хромосом-солитоны, внутренняя колебательная структура которых содержит образную, в т. ч. голографическую пространственно-временную, информацию о многомерной биосистеме). Вводится понятие «Фантом ДНК» как особая память генома, передаваемая не только путем копуляции организмов. Геном не самодостаточен для синтеза биосистемы, он открыт в космос для акцепции стратегической информации, возможно, от гипотетического вакуумного супермозга [17, 25—29]. Сюда же примыкают наши данные по приложимости понятий лингвистической генетики [9] и Марковских вероятностных процессов [10] к речевым характеристикам ДНК и практическому использованию этого для управления геномом растений.

Однако, необходимо проявить осторожность относительно трактовки фантомов ДНК. Не исключено, что мы имеем дело со смешанным эффектом пылевых частиц, вклад которых в АФ фДНК ничтожен, и светорассеянием на гиперзвуке макрокластеров микролептонов (аксионов).

Резюмируя, можно свести аргументацию «за» и «против» реальности существования фДНК к следующим доводам:

Против:

1. фДНК — это артефакт взвешенных пылевых частиц.

2. Продувка азотом временно «стирает» структуры, принимаемые за фДНК.

За:

1. До экспонирования ДНК в кюветном отделении спектрометров регистрируются только фоновые функции, сравнимые с темновым током со значениями 300—1000 условных единиц, в то время как фДНК дают величины автокорреляционных функций порядка 10^4 - 10^5 . Следовательно, если и существует вклад пылевых загрязнений в фДНК, то он ничтожен и сводится к шумовому фактору.

2. Временное «стирание» фДНК продувкой азотом говорит об их материальности, вещественности, а также об их информационной устойчивости.

3. Схожесть основных черт фДНК для воздушной и водной сред их образования, зафиксированной на разных приборах.

4. фДНК и ДНК-первоисточник дают в ряде случаев однотипные

АФ светорассеяния, что не является случайностью и говорит об их взаимной причинно-следственной связи.

5. Перемещение образца ДНК-донора в «ближней и дальней информационной зонах» вызывает четкие ответы ДНК-акцептора по характеру светорассеяния. Посредником в этом акте может служить фДНК.

6. Эффекты, сходные с фДНК, получены в работе [4].

7. Вклад посторонних пылевых компонент после экспонирования ДНК может заключаться в том, что эти компоненты в «силовом поле» фДНК приобретают новые характеристики и облегчают регистрацию самих фДНК.

Примечание: Последние эксперименты, не вошедшие в данную главу, показали, что аномальные фазовые переходы АФ ДНК при дистантных влияниях на ДНК-акцептор могут быть не только результатом трансляции сигнала с ДНК-донора, но и прямым приемом внешних искусственных (космических?) волновых знаков, происхождение которых не ясно.

Значимость зафиксированных феноменов не только в подтверждении наших теоретических построений, а в космопланетарном понимании генофонда Земли как Фактора, единого с вселенским Живым. Основываясь на изложенных соображениях и экспериментах, можно сформулировать следующие направления экспериментальных работ по эпигено-фантомообразованию на достаточно далекую перспективу.

1. Установление факта и степени корреляции резонансно-солитонных процессов в генетическом материале (Хромосомы, ДНК, РНК всех типов, рибосомы) и поведением фантомов геноматериалов:

а) поскольку основной геноматериал есть ДНК и он имеет два вектора, направленных в прошлое (на то, что надо наследовать) и в будущее (на то, что из этого получится), — необходимо понять: не являются ли колебательные свойства фантомов ДНК суперпозицией прошлых и будущих волновых (супергенетических) состояний исследуемого геноматериала, т. е. не является ли геном высших биосистем своего рода «машиной времени»;

б) составление словаря и синтаксиса реальных и фантомных волновых языков генома, основанное на активно развиваемыми в настоящее время лингвистической генетике [9] и генетической лингвистике [10,23—29].

2. Создание семейства био-опто-радиоэлектронной и био-аксионной аппаратуры, моделирующей волновые и фантомные знаковые состояния генома высших биосистем и на их основе создание супербиокомпьютеров сверхмалых размеров (микроны), обладающих неограни-

ченно дальним управляющим действием, способных регулировать био-, техно- и социопроцессы в прошлом-настоящем-будущем пространстве-времени.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаряев П. П., Юнин А. М., Энергия, 1989, N10, с. 46-52.
2. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov G. C., Berezin A. A., Vasiliev A. A., 1991, Proc. SPIE, v. 1621, p. 280-291.
3. Гаряев П. П., Васильев А. А., Березин А. А., 1991г., 1992г., Гипотеза (независимый научный журнал), № 1, № 1. с. 24-43, с. 49-64.
4. Allison S. A., Sortie S., Pecora R, Macromolecules, 1990, v. 23, p. 1110-1118.
5. Гаряев П. П., Васильев А. А., Григорьев К. В., Полонин В. П., Щеглов В. А., Краткие сообщения по физике ФИАН, 1992, № 11-12, с. 63-69.
6. Охатрин А. Ф., Докл.АН СССР, 1989, № 3, в. 4, с. 866-869.
7. Любищев А. А., О природе наследственных факторов., 1925, Пермь.
8. Гурвич А. Г., Теория биологического поля., 1944, Сов.наука., Москва.
9. Маковский М. М., Лингвистическая генетика., 1992, М.
10. Katsikas A. A., Nicolis J. S., Nuovo Cimento, 1990, v. 12D, № 2, p. 177-195.
11. Гаряев П. П., Чудин В. И., Березин А. А., Ялакас М. Э., Врач, 1991, № 4, с. 30-33.
12. Kloczkowsky A., et al., Macromolecules, 1990, v. 23, № 4, p. 1222-1224
13. Хазен Р. Б., Биофизика, 1990, т. 35, в. 1, с. 168-170.
14. Хазен Р. Б., Биофизика, 1990, т. 35, в. 2, с. 343-345.
15. Лосский Н. О., Учение о перевоплощении..Интуитивизм., 1992, М., Прогресс.
16. Налимов В. В., Спонтанность сознания., 1989, М., Прометей.
17. Шипов Г. И., Теория физического вакуума., 1993, НТ-Центр. Москва., 362 с.
18. Nobili R., Phys. Rev. A:Gen. Physq, 1985, v. 32, N 6, p. 3618-3626.
19. Nobili R., Phys. Rev. A:Gen. Phys.. 1987, v. 35, N 4, p. 1901-1922.
20. Choudhury G. K., Kcjarival P. C, Chattopadhyay A., J. Insl. Eng., 1979, v. 60, Pt. EL3, p. 61-66; p. 67-73.
21. Березин А. А., Анализ процесса формирования и распространения нервного импульса с позиции теории солитонов в длинных линиях передачи., 1986, ВИНТИ ДЕП № 6852-B86.09.
22. Трубников Б. А., Гаряев П. П., Семиотика ДНК., 1993. Российский научный центр «Курчатовский институт», ИАЭ-5690/1. 27 с.
23. Ратнер В. А., Концепция молекулярно-генетических систем управления., 1993, Комит. по высш. школе мин. науки, высш. школы и техн. полит. Росс. Федер., Новосибирск. 118 с.
24. Трубников Б. А., Гаряев П. П., 1994, Геном как ЭВМ, Природа (в печати).
25. Gariaev P. P., 1994, DNA and Supreme Intellect, IMPACT (in press).
26. Gariaev P. P., 1994, In vitro-in vivo DNA conjugation with brain activity and the supreme intellect, Creation Research Society Quarterly (in press).
27. Гаряев П. П., Маслов М.Ю., Поликарпов А. А., 1994, Фрактальность ДНК и речи, Докл. Росс. Ак. Наук (в печати).
28. Gariaev P. P., Poponin V. P., 1994, Anomalous phenomena in DNA interaction with electromagnetic radiation: vacuum DNA phantom effect and its possible rational explanation.. Creation Research Society Quarterly (in press).
29. Маслов М.Ю., Гаряев П. П., 1994, Фрактальное представление естественных и генетических языков. (Материалы междунардн. конгр. по структурной лингвистике. МГУ) (в печати).

5. ФАНТОМНЫЙ ЛИСТОВОЙ ЭФФЕКТ

5.1. Развитие методики исследования и теоретическое осмысление

Вероятно, существует связь между эффектами Фантомообразования молекулами ДНК и т. н. «фантомным листовым эффектом», формальная физико-математическая и теоретико-биологическая модели чему даны в предыдущих главах. Этот эффект вызывал и вызывает ожесточенные споры. Признание его как факта — равносильно, по крайней мере для официальной генетики и эмбриологии, согласию с тем, что чисто материальный ген — это фикция. Чтобы выйти из генетического тупика биологии необходим шаг, который сделала в свое время квантовая электродинамика, признавшая казалось бы несовместимое, а именно — идею сочетания свойств волны и частицы, поля и материи. То же и в биологии: ген материален, но он же может существовать и как волна.

Мы экспериментально проверили реальность фантомного листового эффекта в Институте Химической Физики РАН. Был собран генератор высоковольтных высокочастотных электрических полей, в точности повторявший основные характеристики, приводимые в работе [1], в которой указанный эффект имел высокую (50%) воспроизводимость. Мы развили этот метод в той его части, которая касалась непосредственного визуального наблюдения газового разряда на живых листьях растений (прозрачный электрод) и регулируемого непрерывного прохождения частот пачек импульсов, подаваемых на растения [2, 3]. В данном разделе представлены иллюстрации фантомных эффектов, не вошедших в публикации [2, 3].

Аналогичные фантомы получали многие исследователи. Однако, вызвала сомнение простота его формы, которую считали визуализированными испарениями газов из места травмы листа. Летучие соединения листа (например, эфирные масла), ионизированные в высоковольтном поле и дающие поэтому свечение, могут дать, по мнению некоторых теоретиков, ложные фантомы простой формы, как на рис. 1. Возразить на это можно в теоретическом и экспериментальном аспектах. Если имеет место диффузия летучей органики, то ее облако должно иметь относительно долгоживущую форму отрезанной части. Это невозможно. Простой расчет по формуле Эйнштейна

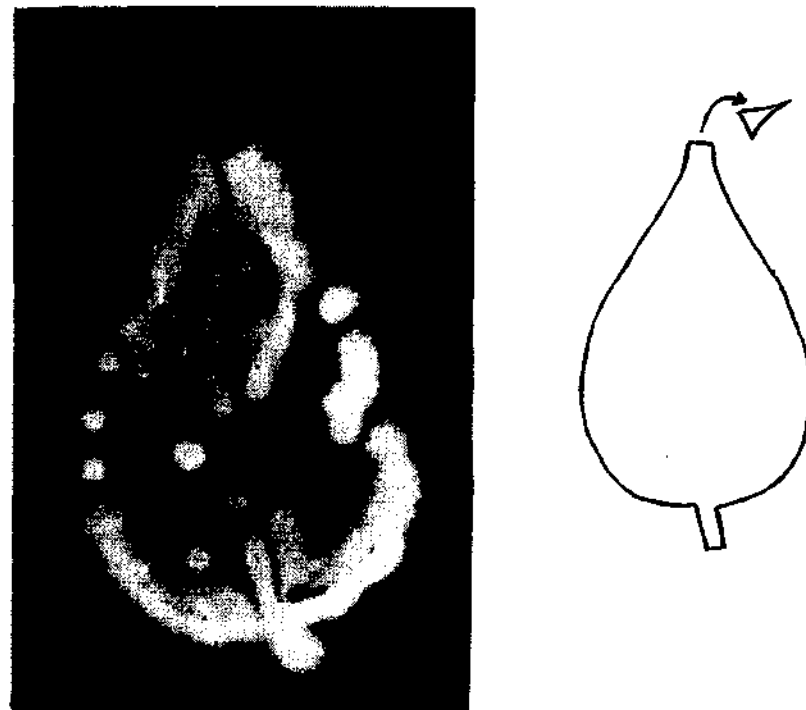


Рис. 1. Фотография газоразрядного образа листа бальзамина и фантома отрезанного кончика листовой пластинки.

$$D = \frac{kT}{f},$$

где D — коэффициент диффузии, k — константа Больцмана, T — абсолютная температура, f — коэффициент трения летучих соединений, связанный с размерами молекул газа, показывает, что ни одно из известных летучих соединений растений не способно удерживать границу раздела с воздушной фазой в течение времени регистрации фантома (5—20 сек.). Даже если предположить, что такие летучие соединения существуют, но еще не известны, — придется сделать фантастическое предположение, что границы такого газового облака почему-то в точности совпадают с отрезанной частью листа растения. Особенно это трудно представить, когда фантом имеет сложную форму, как на листе березы.

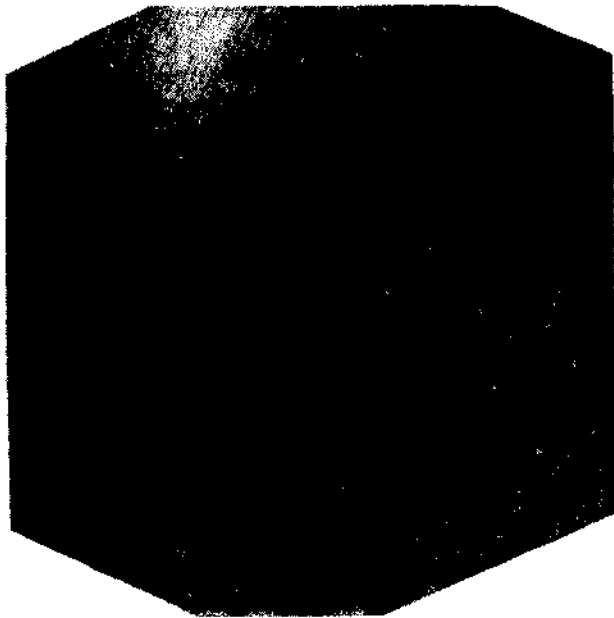


Рис. 2. Газоразрядная визуализация листа березы и его фантома сложной формы. Для контроля вырезаны участки из середины листа и сектора сбоку. Если бы фантомы были артефактом тканевых испарений, то ложные фантомы возникли бы на местах всех трех вырезов.



Схема эксперимента к рис. 2.

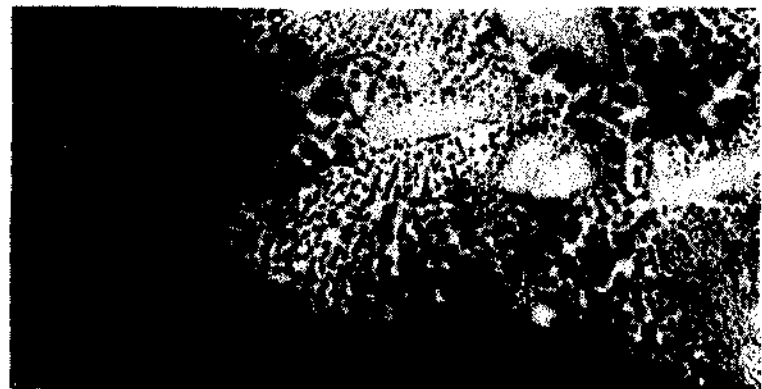
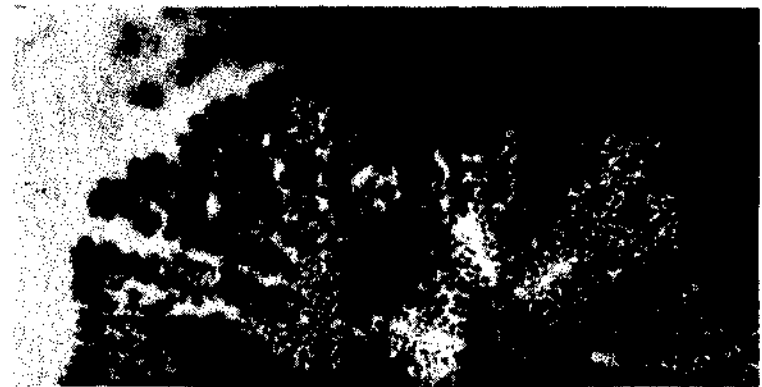


Рис. 3. Внутренние фантомы на листе герани. Наличие и исчезновение фантома в зависимости от ориентации листа

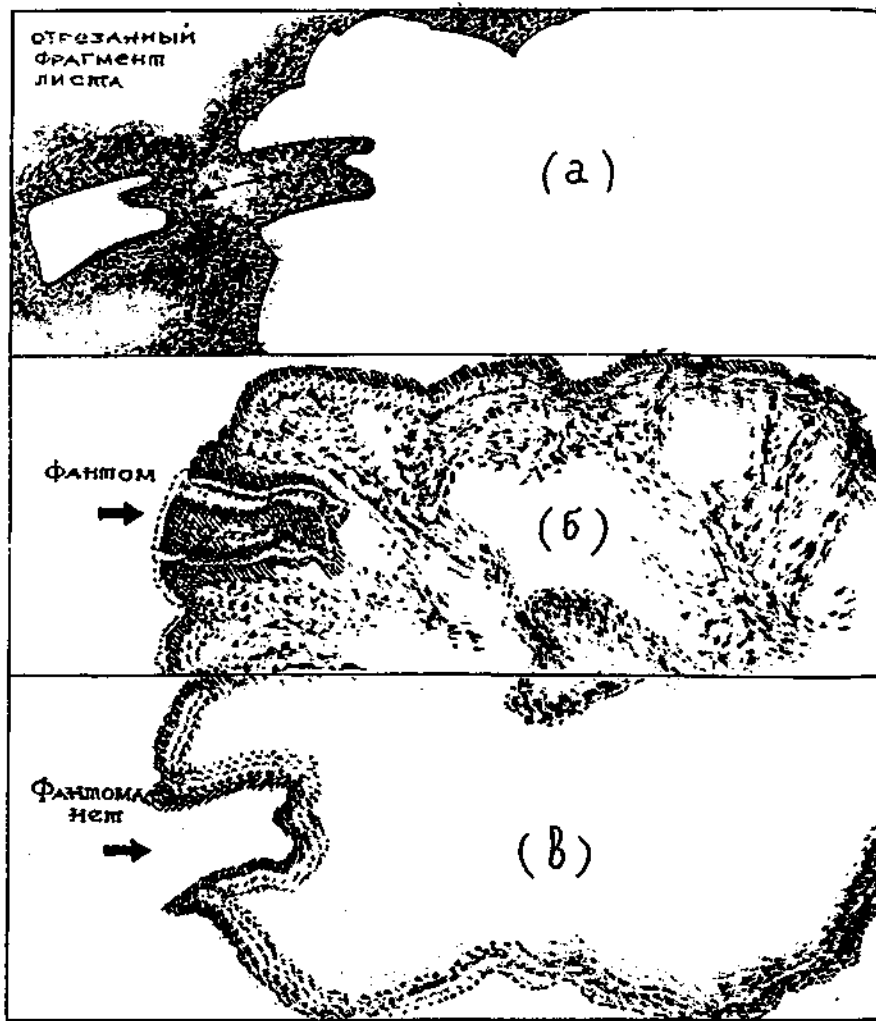


Схема эксперимента к рис. 3.
 а) простой контактный фотоотпечаток листа после вырезания из него фрагмента ткани, б) газоразрядная фотография листа с фантомом, в) лист перевернули другой стороной и фантом исчез.

Были зафиксированы и внутренние фантомы листьев.
 Вероятно, ориентация листа по отношению к электродам существенна для визуализации фантома, также как гологаммы — по отношению к референтному полю. Это же доказывает, что газовая компонента на месте выреза не связана с Фантомообразованием.
 Получены фантомы внутренних структур листьев, например, жиллок (рис. 4) и волосков на поверхности листа (рис. 5).



Рис. 4. Фантомы жиллок листа березы.

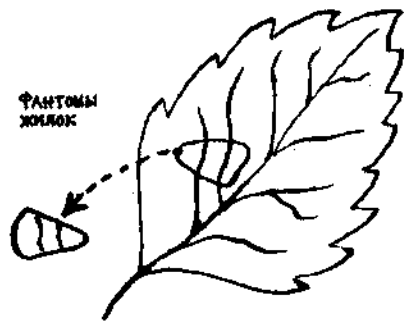


Схема эксперимента к рис. 4.

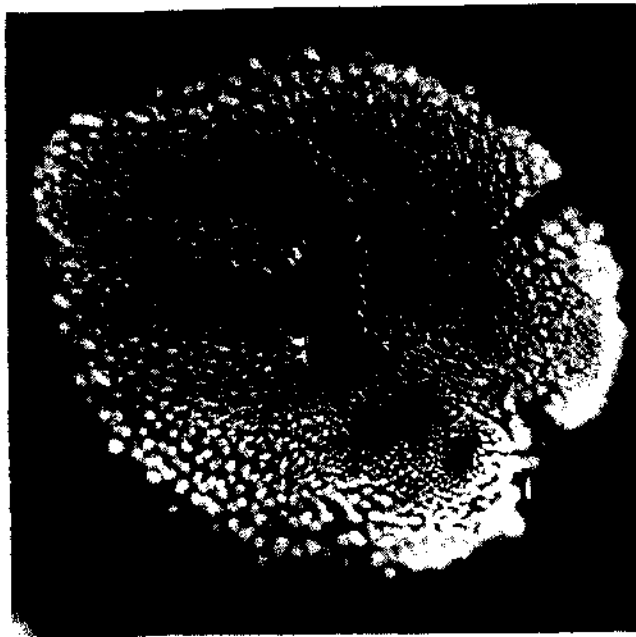


Рис. 5. Фантомы волосков опушения на поверхности листа герани.

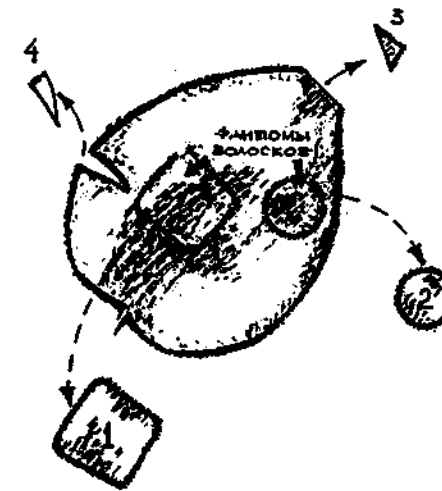


Схема эксперимента к рис. 5.

На листе герани вырезаны фрагменты 1-4. На рис. 5 видно как газоразрядные отображения реальных волосков на целой части листа переходят в неотличимые от них фантомные образы уже не существующих, удаленных вместе с фрагментами 1 и 2. На месте фрагментов 3 и 4 фантомы не образовались, что подтверждает их независимость от газовой компоненты листьев.

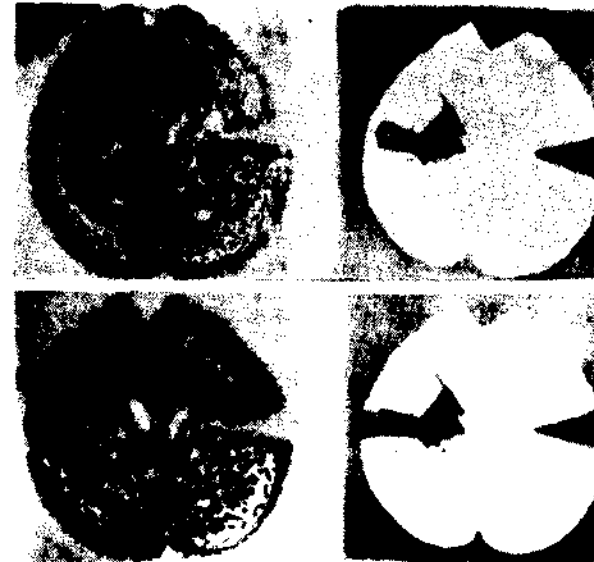


Рис. 6. Влияние топологии выреза в листе герани на Фантомообразование.

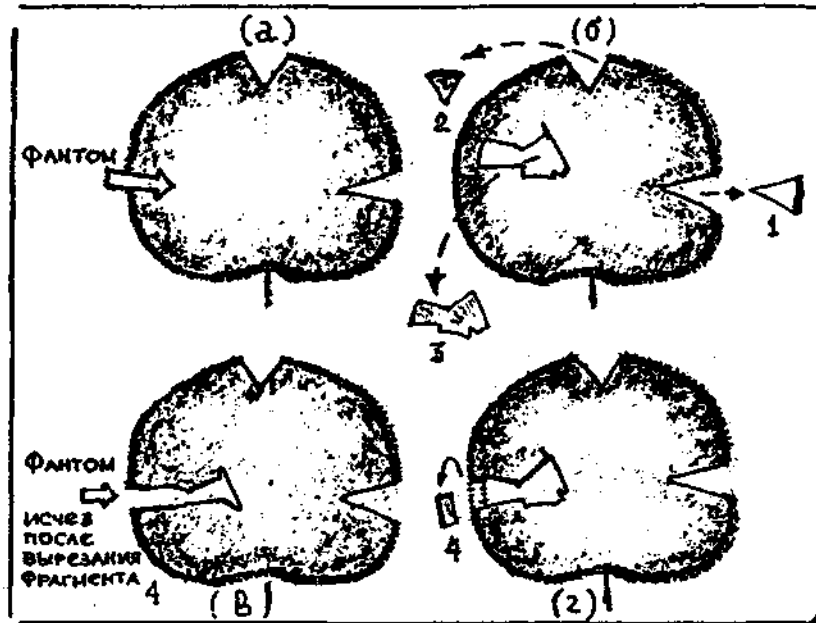


Схема эксперимента к рис. 6.

Из листьев герани вырезали фрагменты 1-4. (б), (г) - контактные фотоотпечатки листа (без приложения электрического поля). (а), (в) — газоразрядная визуализация того же листа и фантома на месте вырезанного фрагмента 3. Характерно, что фантом исчезает, если удалить фрагмент 4, с исчезновением которого вырез открывается наружу листа, а это топологически существенно. Не исключено также, что исчезновение фантома связано с временем его визуализируемой жизни. На месте контрольных вырезов фрагментов 1 и 2 фантомы не образовались, также как и на рис. 2 и 5.

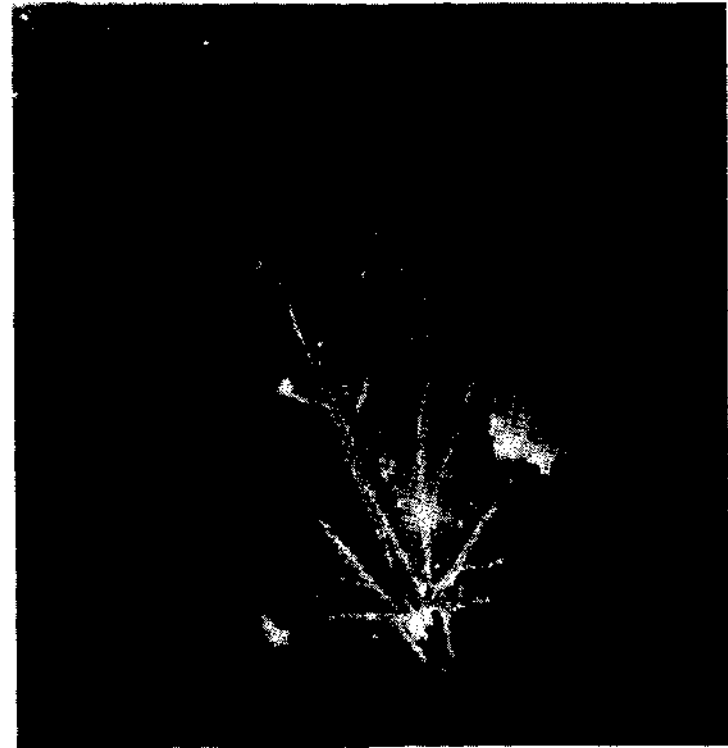


Рис. 7. Фантом на месте удаленного фрагмента из листа герани.

6. РЕЗОНАНСЫ ФЕРМИ-ПАСТА-УЛАМА В ДАЛЬНИХ МОРФО-ГЕНЕТИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ БИОСИСТЕМ

6.1. Стратегия поиска хромосомного биополя

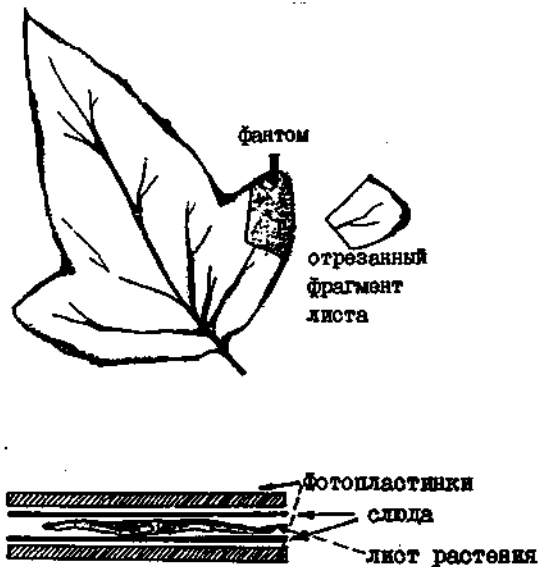


Схема эксперимента к рис. 7.

Фантом получен без наложения электрического поля на лист растения. Лист закладывали в виде «сэндвича» между двумя прослойками из слюды (0,1 мм) и между двумя фотопластинками для регистрации треков элементарных частиц в ядерных исследованиях. Экспонировали в темноте в течение 3-х суток и проявляли. Отчетливо виден фантом, который не является артефактом химического воздействия на фотослой.

Принципиально важным является обнаружение способности к Фантомообразованию у листьев растений за счет собственных сверхслабых фотонных излучений, которые обсуждались в предыдущих главах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Choudhury J. K. et al, J. Inst. Eng. (India), 1979, v. 60, Pt EL3, p. 61-66; p. 67-73.
2. Гаряев П. П., Юнин А. М., Энергия, 1989, № 10, с. 46-52.
3. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov S. C., Berezin A. A., Vasiliev A. A., Proc SPIE, 1991, v. 1621, p. 280-291.

Теоретическая биология, а вслед за ней практическая медицина и сельское хозяйство, особенно в генетико-эмбриологическом приложении, испытывают большие трудности в понимании и реальном использовании таких фундаментальных свойств генома эукариот как его «избыточность», мозаичность, сплайсинг, взаимоузнавания ДНК, РНК и ферментов, управление «пилотированием» и «десантом» транспозонов ДНК, когерентные излучения хромосомной ДНК и, наконец, коллективная симметрия генетического кода [1—3]. К этим малопопулярным явлениям относится и так называемый «фантомный листовой эффект», обсуждавшийся в предыдущей главе и воспроизведенный во многих лабораториях мира, но в силу своей необъяснимости относимый многими к разряду «аномальных явлений». Однако, именно этот феномен стал для нас отправной точкой развития идей волновой, в частности — голографической, памяти генома высших биосистем [50]. Под напором новых экспериментальных данных размытым оказалось даже, казалось бы, выверенное понимание гена как последовательности нуклеотидов ДНК, кодирующей белок. Успехи молекулярной генетики, связанные с клонированием плазмидных векторов и их использованием для биосинтеза отдельных белков, лишь подчеркивают знаковую ограниченность известного генетического кода и неспособность его нести информацию о пространственно-временной структуре эукариот и мы можем повторить вслед за А. Г. Гурвичем [8], что «... нагрузка на ген слишком велика». Об этом же говорил и А. А. Любищев, отрицавший попытку свести понятие гена только к вещественным структурам хромосом и уподоблявший геном хору [7]. Эти исследователи видели выход из намечавшегося уже в 20-е годы кризис 90-х. Этот кризис — в логике биологов, следовавшей по примитивно материалистической колее: вещественный ген -> вещественный признак. Гурвич и Любищев предлагали дуализм понимания гена в вещественной и одновременно в полевой (волновой) форме, т. е. ген реализует свои возможности также и на уровнях электромагнитного (митотические лучи) и акустического (гены — это также и хор) полей, дополняя чисто материальные кодирующие функции хромосом. Однако, эти идеи не прижились, они слишком опережали свое время, еще слишком далеко было до совре-

менных экспериментальных доказательств правильности стратегии поиска хромосомного биополя, часть из которых приводится здесь. Кризис в современной биологии стал настолько очевиден, что группа крупных генетиков, на страницах престижного журнала «GENETICS» вынуждена была сделать признание об этом [9]. Исследователи задаются естественным вопросом: как известные одномерные гены (отрезки ДНК) и их полипептидные продукты дают в пространстве организма трехмерный паттерн? Классическая модель работы генов Жакоба и Моно никак не отвечает на этот вопрос и сводит проблему к регуляции включения данного гена в необходимое время в определенном месте хромосомы. Авторы цитируемой статьи резюмируют состояние современной генетики именно так, как предсказывал А. Г. Гурвич сравнительная ситуация по трактовке генетического кодирования организма, с «абсолютным вакуумом» знания. Парадигма Жакоба-Моно «... не говорит нам как сделать мышь, но говорит только о том как включаются гены». Сейчас требуются существенно иные версии работы генома высших биосистем, учитывающие стратегические наметки Гурвича и Любищева, но развивающие их в других измерениях. Одна из таких версий предложена и, в определенной мере, экспериментально обоснована нами ранее [6, 50] и в предыдущих главах. Суть ее в идее многомерного кодирования пространства-времени организма его хромосомно-«водным» континуумом как главным элементом гено-биологического компьютера. Предполагается, что указанный гипотетический компьютер генерирует кодовые генетико-знаковые физические поля в форме высокоустойчивых солитонных состояний хромосомной ДНК, ассоциированных с голографической информацией. Такие поля задают пространственно-временные векторы развивающейся биосистеме и являются производными сверхслабых, оптических и акустических излучений ее совокупного генетического аппарата. Данная часть работы, как и наши более ранние исследования [5, 10–13] посвящена некоторым экспериментам в границах идей, высказанных в [6, 50].

6.2. Материалы и методы

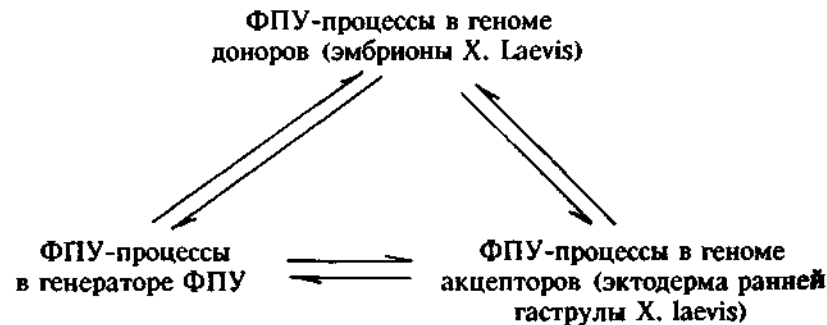
В работе использовали радиоэлектронное устройство (генератор ФПУ) оригинальной конструкции, продуцирующий солитонные, акусто-электромагнитные поля и реализующий явление возврата Ферми-Паста-Улама [15]. Генератор ФПУ моделирует в соответствии с [6, 13, 50] волновые свойства хромосом эукариот по автосчитыванию и дистантной трансляции с помощью эндогенных физических полей биоси-

стем морфогенетической информации между клетками, а также с генома одного организма в геном другого, таксономически близкого первому. Для проверки такой модели работы хромосом использовали организм-донор (головастики шпорцевой лягушки *Xenopus laevis*) на стадиях NF 44-46 и систему-акцептор, (эксплантаты эктодермы ранней гастролы того же вида *Xenopus laevis* на стадии NF 10 в культуре ткани). Стадии развития эмбрионов классифицировали по [16]. Микрохирургические операции, культивирование эксплантатов и гистоанализ проводили по [17]. Трансляцию морфогенетической информации проводили, помещая доноров в антенну ФПУ-генератора и располагая акцепторы от 25 см до 2-х метров от антенны с последующим включением генератора на 5 минут. Контрольные эксперименты проводили аналогично, облучая акцепторы полем антенны без помещения в нее доноров. В нашей модели работы генома ключевую роль играют кодовые нелинейные динамические волновые состояния хромосомной ДНК в макроконтинуумах эмбриональных межклеточных индукционных взаимодействий. Результатом этих процессов являются векторы морфогенеза биосистемы. Носителями морфогенетической информации выступают солитоны на информационных биополимерах и дифракционные, в частности голографические, решетки, образованные внутренней колебательной структурой солитонов [10–13, 50]. Для исследования возможных аналогов волновых процессов такого рода *in vitro* использовали метод спектроскопии корреляции фотонов в основном по [18, 19]. Использовали высокополимерные, высокоочищенные препараты ДНК из селезенки крупного рогатого скота, в виде солей натрия с концентрацией 5 мг/мл, либо, в стандартном солевом растворе — 0,1 М цитрат-Na, 0,15 М NaCl, 10 мМ EDTA, pH = 7,0 (мягкий гель), либо в воздушно-сухом виде (жесткий гель). Однонитчатую ДНК получали стандартным методом нагревания в запаянной стеклянной ампуле при 100° С в водяной бане с последующим быстрым охлаждением в жидком азоте. Фрагментированную на отрезки приблизительно в 100 пар нуклеотидов ДНК получали по [20]. Исследовали также препараты живых сперматозоидов мыши, полученных иссечением тестикулов, в стандартном солевом растворе и отделением фракции сперматозоидов в виде надосадка центрифугированием при 3000 об/мин в течение 5 минут. Хроматин из тимуса теленка получали по [21] в виде жестких гелей с содержанием воды около 50%. Использовали препараты 50S субчастиц рибосом из *E. coli* и коллагена из кожи крупного рогатого скота. Анализировали также суммарную фракцию из дрожжей фирмы «SIGMA». Препараты помещали в пластиковые кюветы 12x12 мм высотой 8 см или в цилиндрические, диаметром 1 см и вы-

сотой 5 см. Спектральные исследования проводили на измерительном комплексе для спектроскопии корреляции фотонов «MALVERN 4700» или «MALVERN 4300», включающем в себя спектрометр рассеянного света с переменным углом ориентации фотоумножителя, He-Ne лазер с мощностью излучения 25 мВт и длиной волны 632,8 нм, а также 128-канальный 8-разрядный коррелятор, подключенный к персональному компьютеру «OLIVETTI». Угол светорассеяния составлял, как правило, 60–70°. Контрольные эксперименты по исключению возможных фоновых вибраций спектрометра проводили с образцами пористого сильно рассеивающего свет силикагеля, помещаемого в кюветное отделение в луч лазера, с последующей записью фоновых автокорреляционных функций в режимах исследования биополимеров.

6.3. Генетико-эмбриологические эксперименты

Для работы в этом направлении использовали методологию первичной эмбриональной индукции, когда происходит межтканевое информационное взаимодействие, задающее определенные цитодифференцировки, гистогенезы и морфогенетические движения. Истинные механизмы этого процесса неясны. Наша версия участия генома и других клеточно-тканевых структур в эмбриогенезе представлена в [5, 6, 10–13, 50], кратко изложена выше и базируется на экспериментальных данных по сверхслабым излучениям биосистем (см., например, [3, 8, 22, 24, 25, 27, 28, 34б, 39]), несущим, вероятно как часть, и морфогенетические сигналы. В наших экспериментах, моделирующих гено-знаково-полевые процессы в развивающихся эмбрионах, события развиваются в рамках информационных переносов по следующей упрощенной схеме:



При включении генератора ФПУ в опыте образуется, вероятно, общее солитонное поле, включающее в себя ФПУ-резонансные процессы как в генераторе, так и в геномах донора и акцептора, с переносом морфогенетической информации между этими тремя участниками. В результате примерно в 1 % из нескольких сотен эксплантатов эктодермы ранней гастролы *X. laevis* нам удалось зарегистрировать типичные для эмбриональной индукции цитодифференцировки и гистогенезы в тканях акцепторов со всем спектром нейральных и мезодермальных производных тотипотентной ткани акцептора (рис. 1–3).

В аналогичном числе контролей (без помещения живых эмбрионов *X. laevis* в антенну включенного ФПУ-генератора) эмбриональной индукции обнаружено не было, что говорит о том, что солитонное поле ФПУ-генератора, немодулированное геномом биосистемы-донора, не

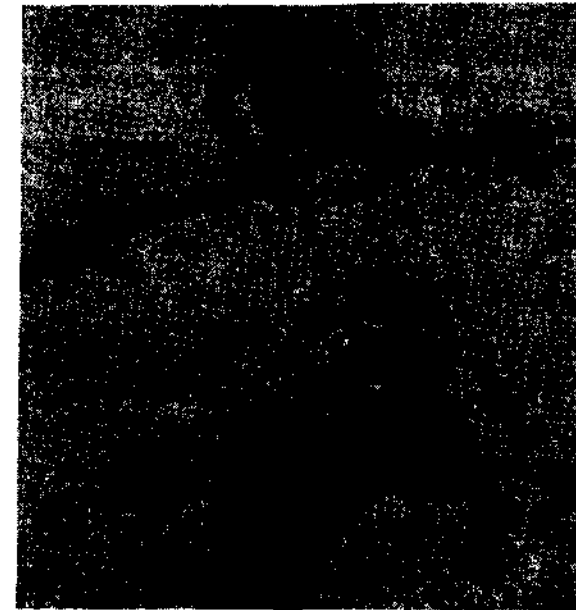


Рис. 1. Нервная трубка, развившаяся из эксплантата эктодермы ранней гастролы (ЭРГ) *X. laevis* через три дня после дистантного введения в нее морфогенетической информации с помощью ФПУ-генератора.



Рис. 3. Мышечная ткань, развивающаяся из ЭРТ (условия аналогичные).



Рис. 2. Элементы нервной ткани головного мозга, развивающегося из ЭРТ (условия аналогичные).

несет морфогенетического сигнала и поэтому нейтрально к эксплантам эмбриональной ткани.

6.4. Эксперименты с динамическим лазерным светорассеянием на информационных биополимерах *in vitro*

Ключевой информационной структурой в нашей модели биоморфогенеза является солитон на ДНК в рамках явления возврата Ферми-Паста-Улама. Однако, нелинейные волновые процессы такого рода для биополимеров являются пока предметом только теоретической физики [6, 31]. Поэтому обнаружение реальной нелинейной динамики в ДНК нуклеопротеидах и белках явилось продолжением и развитием экспериментов, приведенных выше. Ранее были выполнены исследования [18, 19], в которых зафиксированы квазиспонтанные anomalно долго затухающие акустические колебания таких биогелей, как полисахариды и коллаген. Авторы [18, 19] дали теорию таких колебаний, однако отметили, что нелинейная компонента описываемой динамики (анomalно длительное затухание колебаний, периодическая воспроизводимость спектров светорассеяния биополимеров) не подчиняется данному ими физико-математическому формализму. Мы провели аналогичные эксперименты с ДНК и обнаружили ряд особенностей, свойственных возврату ФПУ [51]. Корреляционная фотонная спектроскопия биополимеров показала две основные особенности нелинейной динамики ДНК, коллагена и рибосомных субчастиц: практическое незатухание их акустических колебаний с высокой, резко отличной от фоновой, временной корреляцией и периодическую повторяемость определенных типов автокорреляционных функций светорассеяния (АКФ), которую допустимо трактовать как возвраты ФПУ или, что одно и то же, как особый вид памяти информационных биополимеров на уровне их нелинейной динамики. Деградация исследованных биополимеров плавлением (ДНК, коллаген), ультразвуком (ДНК) приводит к резкому изменению характера светорассеяния, связанного с временной хаотизацией колебаний. Неупорядоченность колебаний в используемых временных интервалах обнаруживают и однонитчатые ДНК, РНК из дрожжей, а также низкомолекулярные белки типа альбуминов. Примеры периодических возвратов АКФ светорассеяния на препаратах ДНК, рибосом и коллагена приведены на рис. 1–4. Колебательными состояниями в гелях ДНК можно в определенной мере управлять с помощью ФПУ-генератора (рис. 5–7), что указывает на его потенциальную биологическую активность в отношении введения ин-

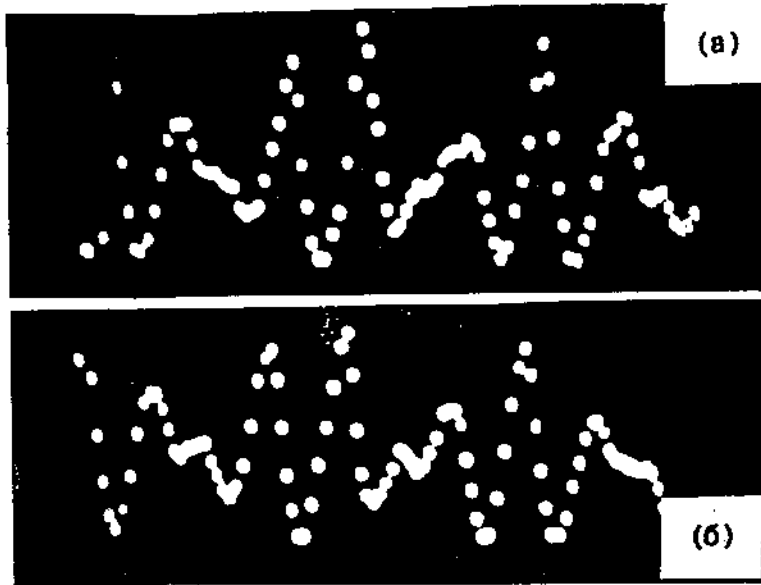


Рис. 1. Автокорреляционные функции рассеяния света на ДНК (жесткий гель). Цилиндрическая кювета диаметром 1 см, высотой 5 см. «MALVERN» система 4300. $\Theta = 60^\circ$. $\tau = 2000$ мкс/канал. Функции (а, б) получены на 6-й и 22-й мин.

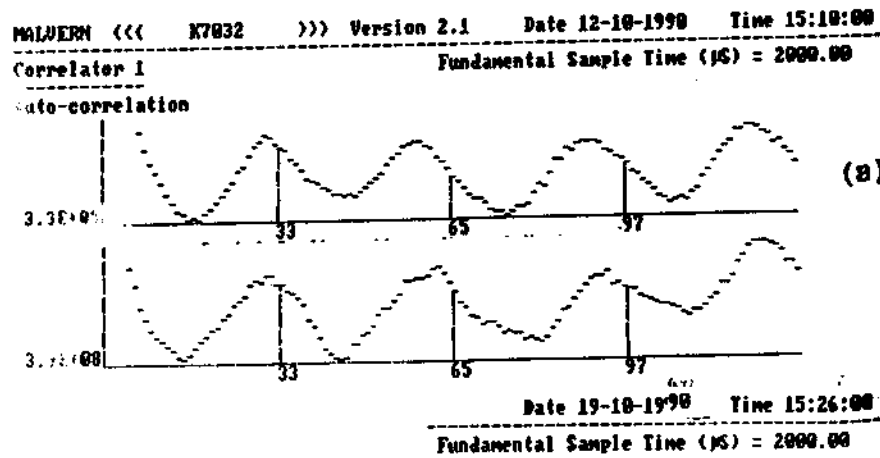


Рис. 2. Автокорреляционные функции рассеяния света на ДНК из тимуса теленка (жесткий гель). «MALVERN» система 7032, остальные условия аналогичны рис. 1. Интервал записи функций (а, б) 7 дней.

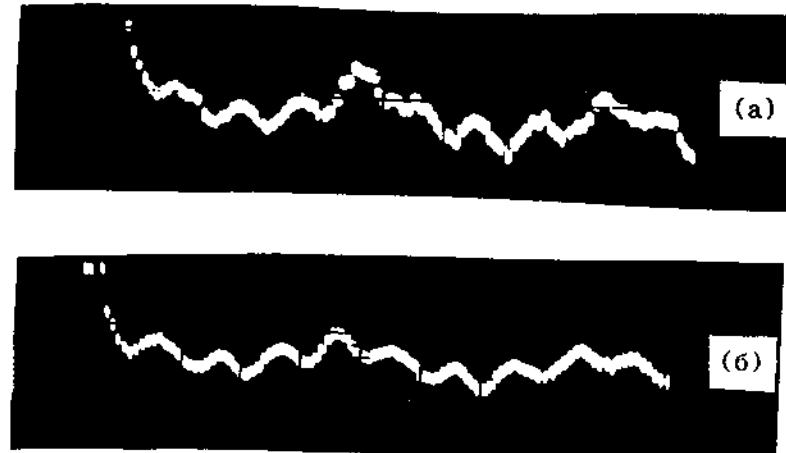


Рис. 3. Автокорреляционная функция рассеяния света, на 50S-субчастицах рибосом E. coli. Условия аналогичны рис. 1. Функции (а, б) получены на 32-й и 35-й мин.

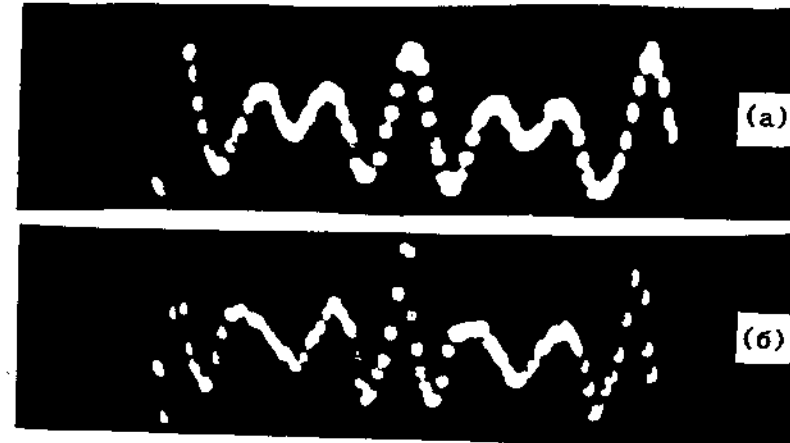


Рис. 4. Автокорреляционные функции рассеяния света для коллагена. Условия аналогичны рис. 1. Функции (а, б) получены на 1-й и 15-й мин. (Все следующие функции получены с коррелятором системы 7032).

MALVERN (<< K7032 >>) Version 2.1 Date 19-10-1990 Time 16:11:38
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation

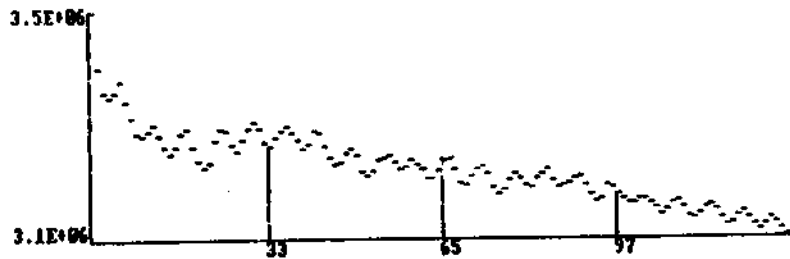


Рис. 5. Автокорреляционная функция рассеяния света на ДНК, подвергшейся облучению полем ФПУ-генератора в течение 30 сек. на расстоянии 15 см. от кюветного отделения. Остальные условия аналогичны рис. 2.

MALVERN (<< K7032 >>) Version 2.1 Date 24-10-1990 Time 12:22:02
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation



Рис. 6. Автокорреляционная функция рассеяния света на ДНК, подвергшейся облучению полем ФПУ-генератора при помещении ДНК в его антенну на 30 сек. Для получения светорассеяния такого характера необходим контакт ФПУ-генератора и его антенны с диуралюминием. Остальные условия аналогичны рис 2.

формации в геном. Колебательные состояния гелей ДНК сильно зависят от концентрации полимера [51]. ДНК в форме мягкого геля с концентрацией от 2 до 8 мг/мл реализует свои нелинейные свойства в виде периодических повторов различающихся АКФ с бифуркациями (рис. 8). Другим характерным поведением мягких гелей ДНК являются фазовые переходы при их тепловой денатурации («плавлении») и ренатурации медленного охлаждения («отжига») с возвратом исход

MALVERN (<< K7032 >>) Version 2.1 Date 24-10-1990 Time 12:23:15
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation

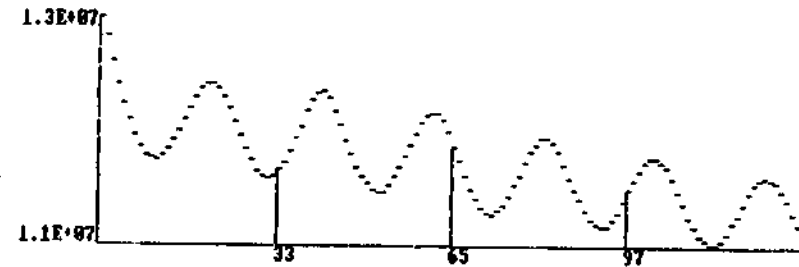


Рис. 7. Восстановление штатных упорядоченных синусоидальных колебаний автокорреляционной функции для того же образца ДНК, что на рис. 6, через 1 мин. после выключения ФПУ-генератора.

MALVERN (<< K7032 >>) Version 2.1 Date 01-11-1990 Time 19:17:35
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation

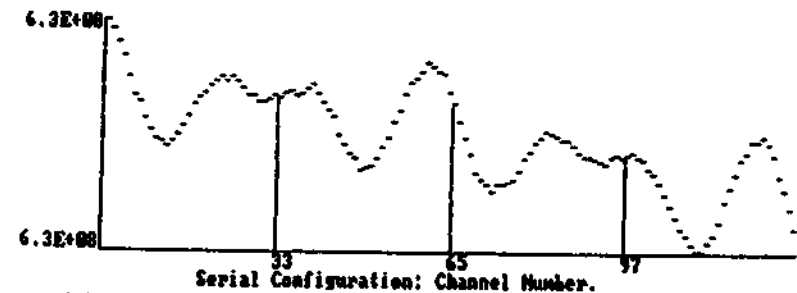
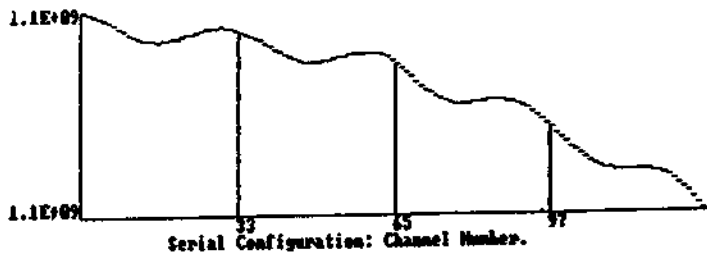
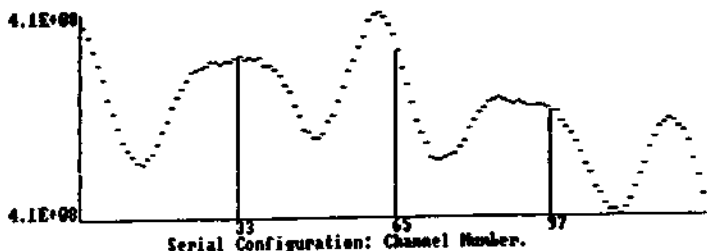


Рис. 8а

6 MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 01-11-1990 Time 18:19:35
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation



6 MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 01-11-1990 Time 18:20:50
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation



2 MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 01-11-1990 Time 18:22:04
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation

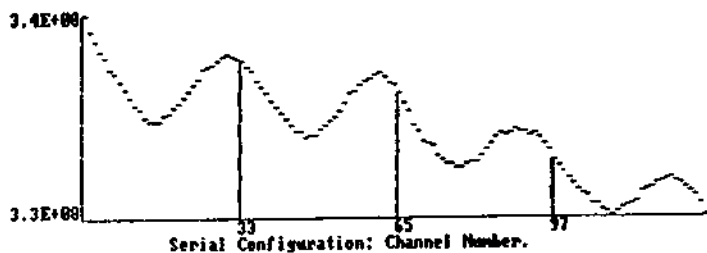
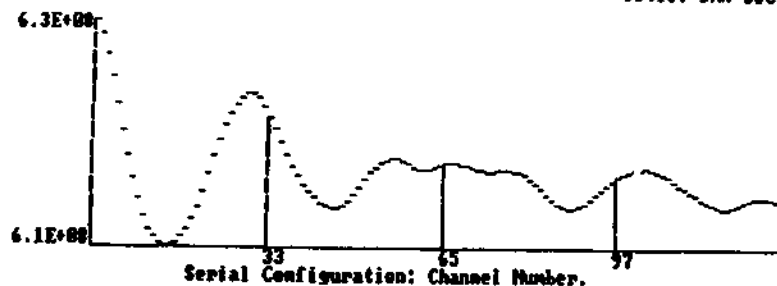
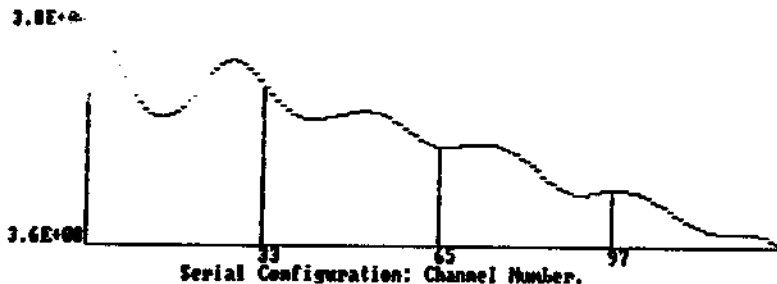


Рис. 8. Автокорреляционные функции рассеяния света на мягком геле ДНК с бифуркациями и парными повторами, отображающими нелинейную динамику полимера с преобразованиями частот его колебания. Бифуркации (а), (б). Обратное преобразование частоты (б), (г). Парные повторы параметров (а), (в) и (б), (г). Условия аналогичны рис. 2.

a MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 14-11-1990 Time 17:35:00
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation Title:-DWA SSC t=27C



6 MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 14-11-1990 Time 18:12:03
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation Title:-DWA SSC t=46C



6 MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 14-11-1990 Time 18:28:32
 Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00
 Auto-correlation Title:-DWA SSC t=42C

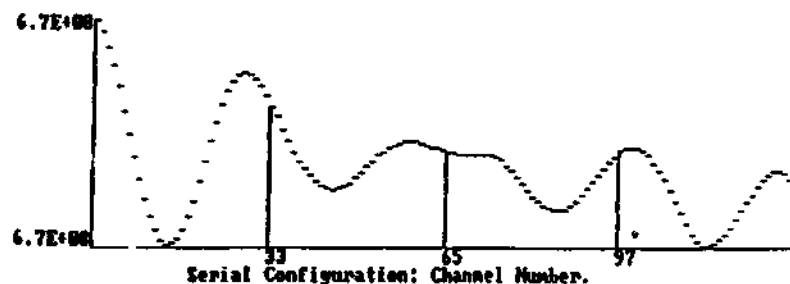


Рис. 9 а, б, в. Автокорреляционные функции рассеяния света на мягком геле ДНК при его нагреве и охлаждении. Условия аналогичны рис. 2; (а, б) — Фазовый переход при нагреве от 27 до 46 С.

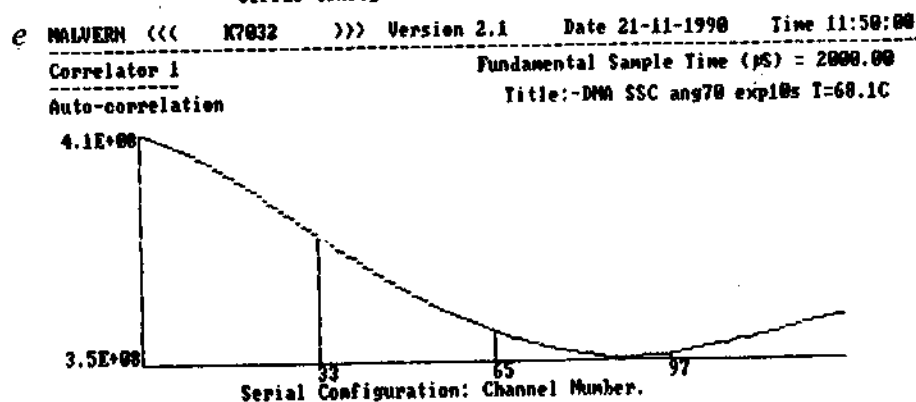
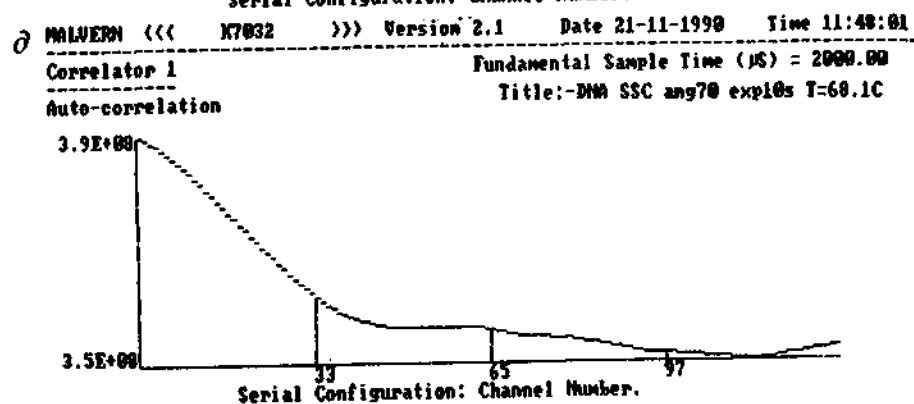
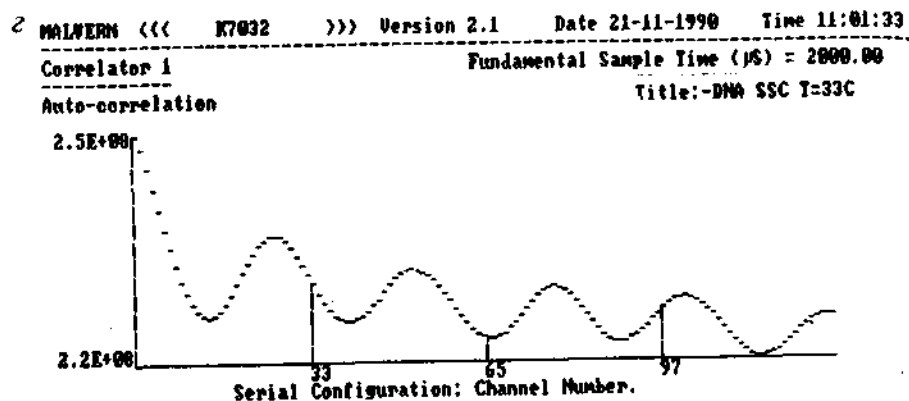


Рис. 9 г, д, е. Автокорреляционные функции рассеяния света на мягком геле ДНК при его нагреве и охлаждении. Условия аналогичны рис. 2. наблюдается переход от штатных относительно высокочастотных колебаний (г) к низкочастотным (д, е).

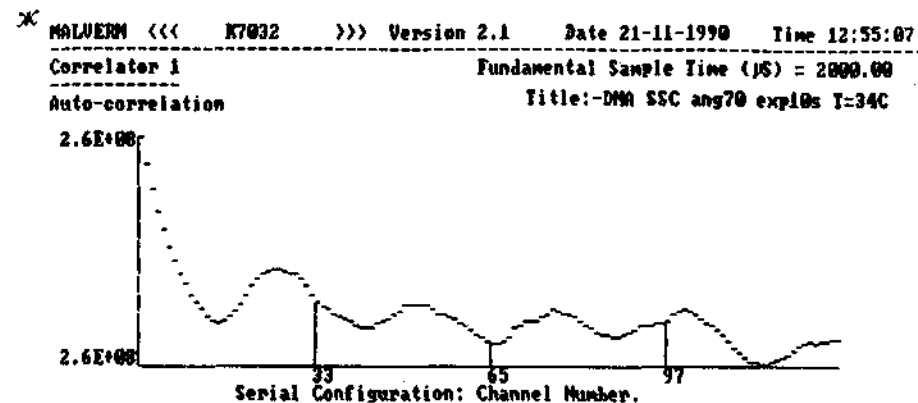


Рис. 9 ж. Автокорреляционные функции рассеяния света на мягком геле ДНК при его нагреве и охлаждении. Условия аналогичны рис. 2. возврат к исходному состоянию (ж).

ных автокорреляционных функций (рис. 9). Фазовый переход «плавления» происходит в физиологически активном интервале температур 40—46° С, что отличает его от денатурации фазового разрыва водородных связей комплементарных пар оснований, которая происходит для данного типа ДНК при более высокой температуре, около 80° С. Особо необходимо сказать о характере светорассеяния в суспензии живых сперматозоидов мыши. Вопреки ожиданиям, АКФ светорассеяния в этих половых клетках имели вид модулированных синусоид, а не экспонент, которые предполагались как следствие хаотических активных перемещений живых сперматозоидов в пространстве кюветы (рис. 10). Можно было бы предположить, что в этом проявляется когерентность коллективных движений сперматозоидов, однако аналогичное динамическое поведение имеют и препараты хроматина из тимуса телянка (рис. 11), в которых активные мышечные движения, свойственные живым половым клеткам, отсутствуют. Надо полагать, что основной вклад в упорядоченный колебательный режим обоих препаратов вносит их далекодействующая нелинейная динамика как атрибут высокоорганизованных жидкокристаллических биополимерных систем.

6.5. Обсуждение результатов

Факт дистантной эмбриональной индукции эктодермы ранней гаструлы *X. laevis*, с помощью искусственных солитонных акустико-

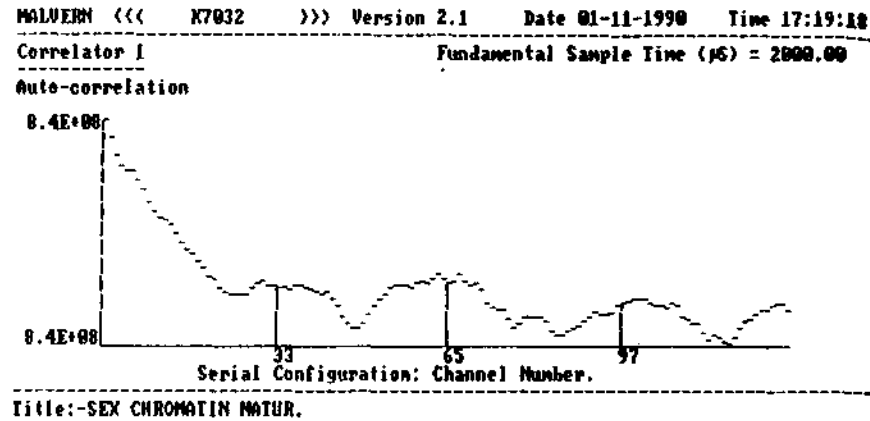


Рис. 10. Автокорреляционная функция рассеяния света на суспензии живых сперматозоидов мыши. Условия аналогичны рис. 2.

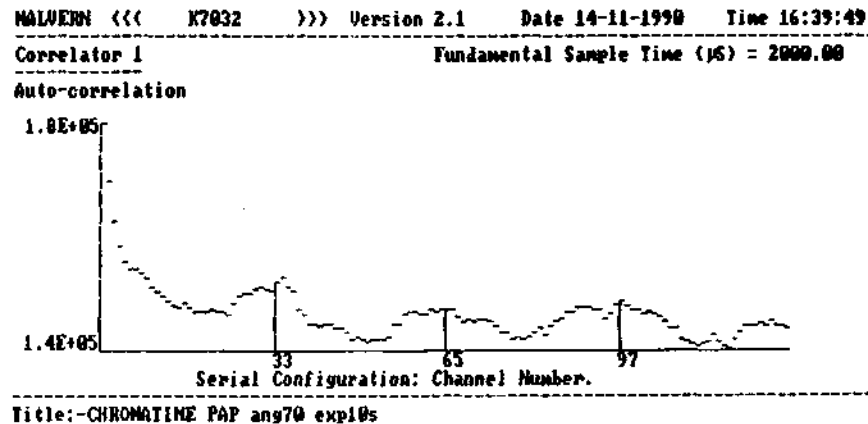


Рис. 11. Автокорреляционная функция рассеяния света на хроматине из тимуса теленка. Условия аналогичны рис. 2.

электромагнитных полей, «закодированных» генетической (в старом смысле) и супер- или эпигенетической (в новом смысле) программой нейральных и мезодермальных цито- и гистогенезов, «считанной» с эмбрионов того же вида,— в определенной мере подтверждает наши экспериментально-теоретические построения [5, 6, 10—13, 50, 51].

Подтверждает, в частности, потому, что ФПУ-генератор, использованный нами для дистантной связи эмбрионов и эктодермы, является предельно упрощенной радиоэлектронной моделью работы генома эукариот на уровне гено-знаковых нелинейно-волновых процессов, или по старому, (по А. Г. Гурвичу [8]), — на уровне биологического поля хромосом. Отметим, что первым, кто попытался перевести абстрактное понятие биологического поля как организатора морфогенеза эмбриона на конкретный язык физики был А. Н. Мосолов, [24]. Он, постулировал ключевые моменты работы генома эукариот на уровне его акустических полей, а именно: с точки зрения информационных функций, геном — это ассоциативная память, подобная памяти головного мозга, образованная акустическими голограммами на хромосомах и дающая пространственные силовые векторы биологического поля. Кроме того, А. Н. Мосолов развил идею А. А. Любищева [7], сравнивавшего «маневренные построения хромосом» (предвосхищение их нелинейной эпигенетической динамики) с гармоническим единством, подобным хору (предвидение эпигенетических когерентных акустических и электромагнитных излучений хромосом с элементами «эстетических функций»). Геном трактуется Мосоловым как набор генов-букв и генов-фраз, образующих тексты, которые диктуют этапы онтогенеза; причем, речевые характеристики хромосом понимаются отнюдь не в метафорическом смысле популярной литературы.

Значимость речевых характеристик ДНК и РНК подтверждается теоретическим анализом хаотических динамик для образующихся вероятностных Марковских цепочек символов и сравнения их с аналогичным анализом для человеческой речи и текстов. Последовательности ДНК, РНК и слов в текстах, например, в современной греческой прозе, подчиняются одному и тому же закону структурной лингвистики,— закону Ципфа [26]. Неслучайность этого факта особенно хорошо видна в том, что словообразование в различных языках и взаимодействия языков подчиняются законам формальной генетики в рамках понятий Лингвистической Генетики [52].

Мы получили прямые экспериментальные доказательства, подтверждающие эти положения (см. ниже гл. 10) которые позволяют в афористичной форме сделать предположение, что «ДНК — это квази-речь, а речь — это квази ДНК». И человеческая речь, и ДНК выполняют, по сути, одни и те же программирующие, управляющие функции, но на разных уровнях — социальном и биохимическом. В этом видится проявление фрактальности в биоинформационных процессах, развитие их знаковой структуры в границах фрактальных размерностей. Подтверждение этому можно найти также и на уровне известного

генетического кода, когда обнаруживаются мощные (искусственные) математические симметрии при нумерологическом анализе параметров вырожденности генетического кода и нуклонного состава кодируемых аминокислот [2]. Акустические резонаторы в клеточных ядрах, резонаторы, которые могут нести предполагаемые эпигенозные функции, были обнаружены как самим Мосоловым [24], так и другими [25] в виде кольцевых (в действительности, вероятно, — сферических) диссипативных структур ядер нейронов. Эти динамические кольца пульсируют в частотном диапазоне от 1—2 сек до 100 мксек, что хорошо коррелирует с нашими данными [50, 51] и результатами настоящего исследования.

Анализ цитированных работ и собственных результатов позволяет думать, что хромосомный континуум биосистем, реализуя свои кодирующие и декодирующие эпигенетические потенции, является суперпозицией неопределенного числа сменяющихся в морфогенезе дифракционных, в частности — голографических решеток, в которых, потенциальная многомерная пространственно-временная структура организма закодирована в их амплитудно-фазовых характеристиках. Такие решетки могут быть образованы и внутренними колебательными структурами солитонов на ДНК. Дифракция сверхслабых эндогенных (организменных) излучений света и звука на таких решетках образует волновые фронты, несущие эпигеноинформацию и, возможно, энергию для построения биосистемы.

Наша модель работы генома эукариот была бы нежизнеспособна без понимания ДНК и хромосом не только как среды «записи» потенциального образа организма, но и как излучателей физических полей, в том числе солитонных. В этом плане продуктивно сопоставление экспериментов по когерентным излучениям биосистем [27, 28] и данных по динамическому лазерному светорассеянию на ДНК [29, 30, 50, 51]. Хромосомная ДНК живых организмов излучает сверхслабый лазерный свет в диапазоне 250—900 нм. Существуют доказательства, что эмитируемые при этом фотоны модулированы по количеству в единицу времени в форме периодических осцилляций (периодограмм), которые являются своеобразным электромагнитным эквивалентом излучающей биосистемы. Фурье спектры периодограмм временных фотонных сигналов ДНК выявляют т. н. «breathing mode» (дыхательные моды). С другой стороны, независимо от этого по спектрам светорассеяния ДНК обнаружено явление, аналогичное модуляциям излучения фотонов ДНК и также названное «breathing mode». Такие моды зарегистрированы при изучении собственных дальнедействующих вращательно-колебательных движений рестриктных фрагментов ДНК [29, 30]. Суще-

ствование указанных типов колебаний на фрагментах ДНК создало значительные трудности в количественном описании гидродинамических свойств полимера в разбавленных растворах. Эти свойства не укладываются в существующие физико-математические модели также и по другим причинам (см. гл. 6, 7). Несмотря на специально контролируемую лазерной микроскопией очистку растворов ДНК от посторонних пылевых примесей только на углах от 16 до 22 наблюдаемые корреляционные функции светорассеяния рестриктных ДНК представлены одиночными затухающими экспонентами. При увеличении углов светорассеяния функции содержат уже две или более релаксационные моды, свидетельствующие о сложной, неизученной внутренней динамике в дополнение к известной трансляционной диффузии ДНК. Такие наблюдения соответствуют и нашим данным для нативных ДНК [50, 51] и, вообще говоря, не являются неожиданными в теоретическом плане [31]. «Дыхательные моды» ДНК описанного типа и периодические повторы спектрального состава колебаний, обнаруженные нами, имеют, вероятно, непосредственное отношение к теоретически предсказанным процессам солитонообразования на ДНК [31], в частности, — в форме возврата Ферми-Паста-Улама. Периодограммы когерентной люминесценции ДНК хромосом [27, 28], видимо, вызываются многообразно-периодическими плотностными колебаниями гелей хромосом *in vivo* (аналоги процессов *in vitro* [50, 51]), модулирующими световой поток как при излучении живых клеток, так и при светорассеянии зондирующего лазерного пучка гелями ДНК в кювете спектрометра. К этому же классу явлений относятся и работы [24, 25]. Отсюда следует, что хромосомная ДНК *in vivo* является не только лазером с перестраиваемыми длинами волн, как полагает и доказывает Ф. А. Попп с соавт. [27, 28], но и, возможно, световодом с оптической памятью на солитонах. В оптоэлектронике такие идеи уже реализованы [32]. Существенным положением в нашей модели генома является гипотетическая способность солитонов на ДНК быть носителями переменных дифракционных решеток с эпигенетико-знаковой нагрузкой. Частный случай такой решетки — голограмма в статическом и динамическом вариантах. Надо подчеркнуть, что принцип голографии — биосистемой используется на высшем уровне ее организации, на уровне корковой памяти головного мозга, что предсказано теоретически и продемонстрировано в эксперименте [33, 346]; и в этом смысле проекция этого принципа на геном оправдана с позиции преемственности основных эволюционных приобретений биосистем. В этом еще раз проявляется фрактальность информационных процессов Живого, разномасштабность повторений их на разных уровнях организации биосистемы.

Можно даже сказать, что биопроявления принципов солитоники и голографии начинаются на уровне генетических структур и получают развитый вид в высших мозговых функциях. Подтверждением этой мысли является физико-математическая модель работы нейронов, где эти уровни рассматриваются в единстве [34а], и приводятся доказательства, что нервные импульсы могут быть количественно описаны как солитоны типа бризеров, внутренняя колебательная структура которых является голографической решеткой, а биоинформационное содержание ее задается солитонами на РНК ядер нейронов. Логично предположит, что указанная фрактальная разномасштабность уровней управления организмом и вместе с тем их функциональное единство проявляется в биосигнальном обмене между солитонами на ДНК-РНК и солитонами нервных импульсов. Если первые несут информацию молекулярно-клеточного уровня, то вторые отображают ткане-органный физиологический уровень и при этом функционирование этих уровней синергично, взаимодополняюще. Вместе с тем, такая трактовка соответствует известным результатам о непосредственном влиянии нервной системы на морфогенез, в том числе постэмбриональный, например, — при регенерации органов и тканей [35]. Рассмотрим более подробно физико-химическую часть солитонно-подобных процессов на ДНК, обнаруженных нами *in vitro*. Сложное динамическое поведение надмолекулярных структур ДНК с периодическими повторами различных частотных мод может быть объяснено двумя не противоречащими друг другу причинами. Первая — это проявление нелинейных свойств гелей ДНК в форме явления возврата Ферми-Паста-Улама. Вторая заключается в модульно-фрактальной структуризации «воды», окружающей молекулы ДНК [36]. В последнем случае, при корреляционной спектроскопии, зондирующие гель ДНК фотоны дифрагируют не только на мобильных структурах надмолекулярной организации ДНК с их дальними коррелированными взаимодействиями, но и на фрактальных «водных» копиях ДНК, копиях различной масштабности, следовательно g - и массы, колеблющихся со своими собственными частотами. Более того, — теория модульно-фрактальной структуризации «воды» с переотображениями биоструктур наводит на мысль о солитонах модульных фракталов «водной» оболочки ДНК, РНК, белков, липидов, и, наконец, псевдоживых образований — вирусов, фагов. Такие солитоны могут выступать и как система считывания-трансляции-введения информации (возможный аналог этого мы продемонстрировали выше), и как акустические резонаторы, рассеивающие лазерный свет в форме специфических колебаний автокорреляционных функций, продемонстрированных выше, а также в [50, 51].

Другой, не менее важный аспект нашей модели генома и экспериментов по светорассеянию на ДНК в возможной связи с т. н. «тепло-шоковым эффектом» [37], когда при сублетальных температурах (41—43° С) генетический аппарат многоклеточных биосистем переходит в стрессовый режим работы, синтезирует тепло-шоковые белки, деполимеризует полирибосомы и т. д. Обнаруженный нами обратимый фазовый переход при «плавлении» и «отжиге» ДНК в области сублетальных температур, видимо, относится к кооперативным разрушению и реконструкции жидкокристаллических фаз ДНК. Обнаруженный эффект дает объяснение биологическому действию интервала температур 40—42° С при воспалительных процессах в организме человека. Это действие вероятно, обусловлено «стиранием» эпигенетической информации, имеющейся на уровне высоких знаковых топологий жидкокристаллических доменов интерфазных хромосом, и «водных» фракталов-копий информационных биоструктур. С другой стороны, отрицательное действие на организм человека таких деструктурирующих хромосомы температур может быть также следствием нарушения знаковых режимов акустических и электромагнитных излучений хромосомного континуума биосистемы, препятствием для «солитонной проводимости» на ДНК, РНК, белках, и их «водных» оболочках. Если принять эту концепцию, то появляется возможность дать относительно простое и непротиворечивое толкование механизмов применяемого в настоящее время лечения онкологических больных и больных СПИД с помощью нагревания пораженных тканей и крови. В нагретых до сублетальных температур раковых клетках и Т-лимфоцитах происходит «плавление» (разрушение) хромосомных «патологических топологий», вызванных интеграцией в геном клеток онкогенов и обратнотранскриптазных копий РНК вируса СПИД. При «отжиге» (охлаждении до нормальной температуры человеческого тела) происходит реконструкция исходных «нормальных» топологий жидкокристаллических фаз ДНК хромосом, восстанавливаются почти все функции генома, в том числе и эпигеноволновые, но некоторые оказываются нарушенными. В числе поврежденных могут оказаться и эпигенетические программы онкогенов и генов вируса СПИД, а также и функции генома в норме. Этим и объясняется, видимо, большое количество летальных исходов лечения такими методами. Как уже говорилось, в экспериментах по светорассеянию на ДНК, рибосомах и коллагене периодические возвраты временных АКФ можно трактовать как возвраты Ферми-Паста-Улама, т. е. как солитонобразование в геле полимера *in vitro*, которое может являться аналогом процесса в хромосомах *in vivo*. В биосистеме солитонобразование на ДНК будет автоматически сопровождаться

амплитудно-фазовой модуляцией солитонов той средой, на которой они возникают. В одномерном варианте эта среда есть последовательность нуклеотидов (см. гл. 4), в трехмерном — жидкокристаллические домены с эпигенознаковыми топологиями. И в том, и в другом варианте — солитон, движущийся в трехмерном пространстве хромосом или стоящий на одном месте как бризер, будет «считывать» генетическую и эпигенетическую программы, «запоминать» их и «транслировать» в пространство собственной клетки, где он рожден, а также в соседние клетки и ткани. Солитоны удобны для биосистемы в силу их большой проникающей способности: организм для них доступен во всем объеме своего 4-х-мерного пространственно-временного континуума и, кроме того, они могут обмениваться информацией при столкновениях и сквозных взаимных прохождениях или отталкиваниях. Солитоны как надмолекулярные зонды могут играть роль, по крайней мере для ДНК, эквивалентов нервных импульсов, а сама ДНК выступает, как считают [38], в качестве «второй нервной системы». Эти представления находятся в хорошем соответствии с моделью ДНК как широкополосного электромагнитного излучателя [39]. Однако, вопрос о механизмах, лежащих в основе одновременного излучения молекулой ДНК стохастических и детерминированных компонент электромагнитного спектра оставался открытым. В этой связи нами [6] была выдвинута гипотеза о том, что молекула ДНК может быть интерпретирована как акусто-электрический резонатор Ферми-Паста-Улама. Справедливость подобного подхода была основана на результатах работы [40], в которой теоретико-экспериментальным путем удалось доказать, что возврат ФПУ наблюдается в физических системах, описываемых нелинейным уравнением Шредингера с периодическими граничными условиями. В применении к полимерам этот вывод был подтвержден в [41], где с помощью компьютерного эксперимента доказана возможность существования в молекулярных цепях двухкомпонентных солитонов и наличие возврата ФПУ. Тем самым была найдена адекватная модель динамики нелинейных физических процессов в молекуле ДНК. Мы предложили единственную модификацию этой модели с введением в нее уравнения синус-Гордона для описания динамики нелинейных акустических колебаний на конечной длине молекулы. Полученная система уравнений в безразмерных переменных записывается в следующем виде (нижеприведенный формализм дан А. А. Березиным по результатам неопубликованной совместной работы):

$$i \frac{\partial E}{\partial t} + \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \psi E = 0$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = \left[1 + \alpha \frac{\partial^2 |E|^2}{\partial x^2} \right] \sin \psi \quad (\text{система А})$$

В основе предлагаемой модели молекулы ДНК в виде акусто-электрического нелинейного резонатора лежит предположение о том, что обе сахарофосфатные цепочки этой молекулы могут рассматриваться в виде системы связанных двухуровневых осцилляторов, состоящих из фосфатной группы и кольца дезоксирибозы. В описанной структуре возможно распространение поля E электромагнитных волн в силу наличия в молекуле ДНК делокализованных или π -электронов [42]. Надо учесть, что в рассматриваемой системе могут возникать коллективные длинноволновые состояния, связанные с модуляцией электронной плотности делокализованных электронов. Подобную ситуацию уже рассматривали в физике нелинейной плазмы; и в 1971 году Захаров [43] предложил для нее математическое описание в виде связанных уравнений Шредингера и волнового уравнения. Вместе с тем, в конце шестидесятых годов аналогичная задача взаимодействия лазерного луча со средой, состоящих из двухуровневых атомов, была описана в [44] связанными уравнениями Шредингера и Максвелла и получила название «явления самоиндуцированной прозрачности». Если в качестве точечных источников возбуждения подобной цепочки двухуровневых атомов — колец дезоксирибозы в молекуле ДНК — рассмотреть высокочастотные колебания электрических полей азотистых оснований полинуклеотида [42], то по аналогии с явлением самоиндуцированной прозрачности, объединяя резонансный и нерезонансный случаи [45], можно получить систему уравнений:

$$2iW_e \frac{\partial E}{\partial t} + 3V_{T_e}^2 \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + W_e^2 \psi E = 0$$

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial t^2} + C_o^2 \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = W_o^2 \left[1 + \alpha \frac{\partial^2 |E|^2}{\partial x^2} \right] \sin \psi; \quad V_{T_e}^2 = \left(\frac{T_e}{m_e} \right), \quad (1)$$

где E — напряженность электрического поля, создаваемого π — электронами в сахарофосфатных цепочках молекулы ДНК, ψ — модуляции плотности π -электронов в сахарофосфатных цепочках молекулы, W_e — «плазменная частота» π -электронов в

сахарофосфатных цепочках, C_0 — скорость распространения модуляции плотности π -электронов, W_0 — частота колебаний электрического поля азотистых оснований.

Решение системы (1) может быть записано в виде π -импульса [49]

$$\psi_{\beta}(x,t) = \frac{1}{2} \operatorname{arctg} \left\{ \frac{C_0 K}{2W} \operatorname{sech}(Kx + \Theta_x) \sin(Wt + \Theta_t) \right\},$$

где $W = W_0^2 + KC_0^2$, $\Theta_x = \Theta_{0x} \sin(K_{\text{ФПУ}} x + \alpha_x)$
 $\Theta_t = \Theta_{0t} \sin(W_{\text{ФПУ}} t + \alpha_t)$, где $K_{\text{ФПУ}}$, $W_{\text{ФПУ}}$ — соответственно пространственная и временная частоты возврата ФПУ;
 α_x , α_t — начальные фазы спектра ФПУ, определяемые порядком расположения нуклеотидов в ДНК.

Система А представляет собой модифицированную систему Захарова, к которой сводятся задачи исследования взаимодействия электронов с акустическими колебаниями решетки (акустический полярон) [46], экситонов с фононами [47], ленгмюровских колебаний с ионно-звуковыми [48]. Аналоговое решение системы А показывает (рис. 12),

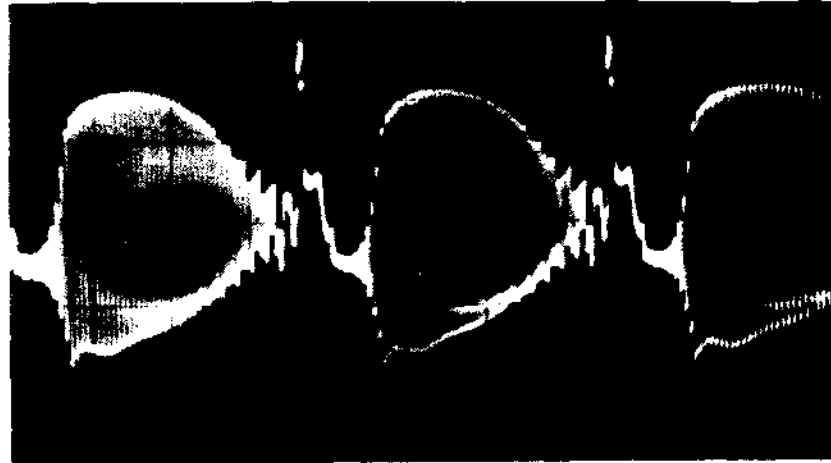


Рис. 12. Одно из решений аналоговой системы (А) в виде сложного бризера уравнения синус-Гордона.

что одним из ее решений может быть сложный бризер уравнения синус-Гордона, во внутренней структуре которого находится пакет солитонов нелинейного уравнения Шредингера, полученного в модели [41]. Возврат ФПУ (рис. 13), в аналоговом представлении, наблюдается в виде периодического уширения спектра солитонов. Следует отметить, что при аналоговом моделировании наблюдается появление двухкомпонентных солитонов в соответствии с [41]. Таким образом, интерпретация молекулы ДНК в виде акусто-электрического нелинейного резонатора делает возможным объяснение факта существования в электромагнитном спектре, излучаемом ДНК, как детерминированных, так и стохастических компонент, реализующихся в частности, как солитоны. В силу этого внешний электромагнитный спектр ФПУ может оказывать резонансное влияние на динамику нелинейных колебательных процессов, происходящих в молекуле ДНК и как следствие, приводить ее в состояние волнового источника морфогенетической информации высших уровней, которая в форме солитонов или иных знаковых, полевых структур осуществляет стратегическое управление биосистемой. И мы видели примеры такого управления и в случае моделирования ДНК-ФПУ процессов *in vitro* (рис. 5–7). Наша

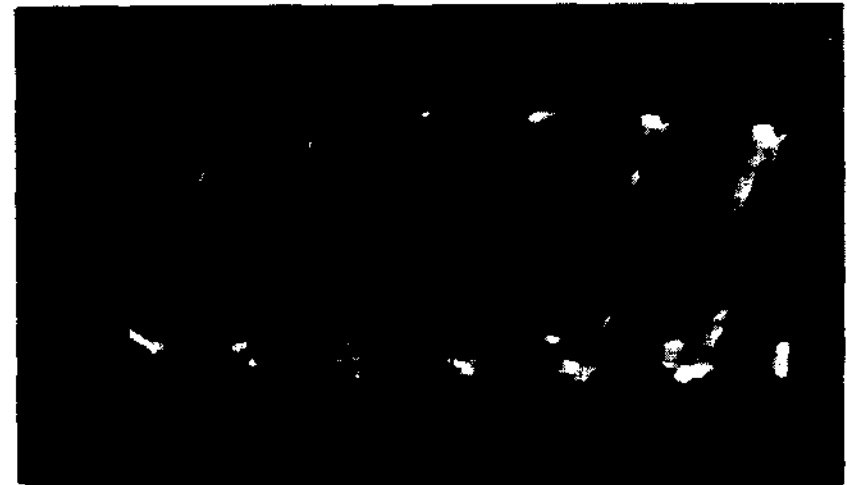


Рис. 13. Возврат Ферми-Паста-Улама в аналоговой модели в виде периодического уширения спектра солитонов.

идея о том, что нелинейная динамика ДНК есть способ транспорта не только энергии, но и гено- эпигеноинформации, подтверждается компьютерным моделированием поведения солитонов на последовательно-стях ДНК типа регуляторного промотора T7A, который ускоряет, замедляет или отражает солитоны — в зависимости от их начальных скоростей [53]. Это первый численный эксперимент, показывающий, что первичная структура ДНК входит как информационная нагрузка в динамические характеристики солитонов. Это вселяет надежду, что и другие кодовые уровни организации ДНК и ее динамики найдут отражение в аналогичных моделях. В гл. 5, ч. 1 мы развили такие компьютерные модели солитонов на ДНК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хесин Р. Б., Непостоянство генома., 1984, М., Наука.
2. Scherbak V. I., J. Theor. Biol., 1988, v. 132, p. 121-124; Scherbak V. I., J. Theor. Biol., 1989, v. 139, p. 271-283.
3. Nagl W, Popp F. A., Cytobios, 1983, v. 37, p. 45-62.
4. Choudhury G. K., Kejarival P. C., Chattopadhyay A., J. Inst. Eng., 1979, v. 60, Pt EL3, p. 61-66; p. 67-73.
5. Гаряев П. П., Юнин А. М., Энергия, 1989, N10, с. 67-73.
6. Гаряев П. П., Васильев А. А., Березин А. А., Гипотеза (Независимый научный журнал), 1991, Геном как голографический компьютер., № 1, с. 24-43; 1992, № 1, с. 49-64.
7. Любишев А. А., О природе наследственных факторов., 1925, Пермь.
8. Гурвич А. Г., Теория биологического поля., 1944, М., Госиздат.
9. Brenner S., Dove W., Herskowitz I., Thomas R., Biopolymers, 1990, v. 126, N 3, p. 479-486.
10. Гаряев П. П., Татур В. Ю., Юнин А. М., Клаузура ноосферы., 1988, М., «Ноосфера», с. 286-292.
11. Гаряев П. П., Чудин В. И., Березин А. А., Ялакас М. Э., Врач, 1991, № 4, с. 30-33.
12. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov G. G., Berezin A. A., Vasiliev A. A., Proc. SPIE, 1991, v. 1621, p. 280-291.
13. Казначеев В. П., Гаряев П. П., Васильев А. А., Березин А. А., Препринт Инст. Клин. и Эксп. Мед. СО АМН СССР., 1990, с. 1-50.
14. Ферми Э., Научные Труды., 1972, М., Наука., т. 2.
15. Березин А. А., Физическое моделирование пространственного резонанса ФПУ., 1986, ВИНТИ, № 4846-В86.
16. Объекты биологии развития., 1974, М., Наука.
17. Роймес Б., Микроскопическая техника., 1953, М.
18. Nossal R., Brenner S. L., Macromolecules, 1978, v. 11, N 1, p. 207-212.
19. Brenner S. L., Gelman R. A., Nossal R., Macromolecules, v. 11, N 1, p. 202-207.
20. Britten R. Y., Graham D. E., Neufeld B. K., In: Methods in enzhnology., 1974, Eds. Grossman L. and Moldave K., N-Y, Acad. Press., V25E, 363-418.
21. Zubu K. L., Doty R. B., J. Mol. Biol., 1959, v. 1, N 1, p. 1-12.
22. Казначеев В. П., Михайлова Л. П., Сверхслабые излучения в межклеточных взаимодействиях., 1986, Новосибирск., Наука.
23. Белоусов Л. В., Биологический морфогенез., 1987, М., Изд. МГУ. 24. Мосолов А. Н., В кн. «Успехи современной генетики», 1980, вып. 9., с. 183-202.
25. Загускин С. Л., Никитенко А. А., Овчинников Ю.А., Прохоров А. М., Савранский В. В., Дегтярева В. П., Платонов В. Н., Докл.АН СССР, 1984, т. 277, № 6, с. 1468-1471.
26. Katsikas A. A., Nicolis J. S., Nuovo Cimento D., 1990, v. 12, N 2, p. 177-195.
27. Popp F. A., Electromagnetic Bioinformation., 1979, Eds. Popp F. A. et al., Urban und Schwarzenberg Munchen-Baltimore..
28. Popp F. A., Nagl W., Li K. H., Schol W., Weingartner O., Wolf R., Cell Biophys., 1984, v. 6, N 1, p. 33-52.
29. Sorlie S. S., Pecora R., Macromolecules, 1990, v. 23, p. 487-497.
30. Allison S. A., Sorlie S. S., Pecora R., Macromolecules, 1990, v. 23, p. 1110-1118.
31. Якушевич Л. В., Методы теор. физики в иссл.свойств биополимеров., 1990, АН СССР, Научный центр биол.иссл., Пушкине.
32. Белололов М. И., Дианов Е. М., Карпов В. И., Мамышев П. В., Прохоров А. М., Серкин В. Н., Методы в соврем.оптике в решении общефизич.пробл., 1987, Матер, школы молод, ученых и спец., ИОФАН. М., с. 14—20.
33. Nobili R., Phys. Rev. A:Gen. Phys., 1987, v. 35, N 4, p. 1901-1922.
- 34(а). Березин А. А., Анализ процесса формирования и распространения нервного импульса с позиции теории солитонов в длинных линиях передачи., 1986, ВИНТИ. № 6852-н86.
- 34(б) .Барбараш А. Н., Братченко В. Н., Аристархов Ю. Н, Буцко О. А., Тимофеев В. Н., 1989, -131с, ВИНТИ, 21. 08. 1989., № 5559-В89.
35. Мэтсон П., Регенерация — настоящее и будущее., 1982, М., Мир, с. 45-48.
36. Бульенков Н. А., Биофизика, 1991, т. 36, вып. 2, с. 181-243.
37. Dewhirst M. W., Stress Protein Biol. and Med. Cold Spring Harbor (N-Y), 1990, p. 101-116.
38. Rowlands S., J. Statist. Phys., 1985, v. 39, N 5/6, p. 543-549.
39. Popp F. A., On the Coherence of Ultra Weak Photoemission from Living Tissues., Disequilibrium and Self-Organization., 1986, Kilmister W.(ed.), Reidel Publishing Company., p. 207-230.
40. Юэн Г., Лэйк Б., В кн. Солитоны в действии., 1981, М., Мир.
41. Макеев В. Ю., Попонин В. П., Щеглов В. А., Динамика коллективных возбуждений в квазиодномерных молекулярных решетках., 1990, Препринт ФИАН, № 146.
42. Ладик Я., Квантовая биохимия для химиков и биологов., 1975, М., Мир.
43. Захаров В. Е., Шабат А. В., ЖЭТФ, 1971, т. 61, с. 118.
44. Me Call S. L., Hahn E. L., Phys. Rev., 1969, v. 183, p. 457.
45. Маклафлин Д., В кн. Нелинейные электромагнитные волны., 1983, М., Мир.
46. Косевич А. М., Нелинейная динамика намагничности в ферромагнетиках., 1982, — ФММ., т. 53, вып. 3, с. 420.
47. Давыдов А. С, Кислуха Н. П., Солитоны в одномерных молекулярных цепях., ЖЭТФ, 1976, т. 71, № 9, с. 1090.
48. Захаров В. Е., ЖЭТФ, 1972, т. 62, с. 1745.
49. Пелиновский В. Н., Изв. Вузов., Радиофизика., 1976, т. 19, с. 561.
50. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov G. G., Berezin A. A., Vasiliev A. A., Proc. SPIE, 1991, v. 1621, p. 280-291.
51. Гаряев П. П., Васильев А. А., Григорьев К. В., Попонин В. П., Щеглов В. А., Крат, сообщ.по физике. ФИАН., 1992, № 11-12, с. 63-69.
52. Маковский М. М., Лингвистическая генетика, 1992, М., Наука.
53. Salerno M., Phys. Rev. A, 1991, v. 44, N 8, p. 5292-5297.

7. ВЕРБАЛЬНО-СЕМАНТИЧЕСКИЕ МОДУЛЯЦИИ РЕЗОНАНСОВ ФЕРМИ-ПАСТА-УЛАМА КАК МЕТОДОЛОГИЯ ВХОЖДЕНИЯ В КОМАНДНО-ОБРАЗНЫЙ СТРОЙ ГЕНОМА

7.1. Получение и обработка экспериментальных данных

Неотъемлемые и казалось бы взаимоисключающие качества генома высших биосистем — его консервативность и его подвижность. Однако, эти атрибуты в своем единстве обеспечивают как стабильность, так и приспособляемость биосистем к вечно изменяющимся и относительно устойчивым состояниям внешней среды. Непостоянство генома, его подвижность — в норме — реализуется на всех известных уровнях организации. Это транспозиции участков ДНК в хромосомах, изменения конформаций ДНК типа $B \Rightarrow Z$ переходов, жидкокристаллические перестройки хроматина, межхромосомные обмены фрагментами в мейозе. С этих же позиций может рассматриваться и реорганизация генома при клеточных делениях. Иными словами, все эти явления относятся к самоорганизации генетического аппарата как целостной структуры, осуществляющей стратегическое управление биосистемой. Логично предположить, что поведение генома при его повреждениях, например — жестким излучением, будет частным случаем самоорганизации хромосом для сохранения собственной целостности. Одним из механизмов такой репарации генома может выступать его голографическая ассоциативная память [1, 2].

В настоящей экспериментальной работе мы демонстрируем возможность знакового управления пострадиационными восстановительными процессами в геноме растительных биосистем за счет регуляции по линии управления геномом как системой распознавания кодовых образных волновых гено-структур, синтезированных человеком и вводимых в геном-акцептор через резонансы Ферми-Паста-Улама (ФПУ) специального радиоэлектронного генератора, моделирующего солитонные процессы в ДНК.

Общие принципы работы генераторов ФПУ известны [3]. Что касается кодовых команд, вводимых в геном, то их синтез базируется на теоретических работах [4, 5], в которых показаны речевые характеристики последовательностей ДНК и РНК, известные в структурной лингвистике (закон Ципфа), и подчиненность словообразований в человеческих языках законам генетики (наследуемость, мёнделевское расщепление признаков многокорневых слов, доминантность, рецес-

сивность, транспозиции, общие генетические корни в праязыке и т. д.). Конкретные кодовые вербальные команды, используемые в настоящей работе, являются предметом know how. Команды вводили в геном семян пшеницы и ячменя в форме определенных кодовых акустических вербальных структур через микрофон, соединенный со схемой генератора ФПУ. Сухие семена облучали различными дозами рентгена.

Контрольные семена (К) облучению рентгеном не подвергали.

Использовали следующие режимы воздействий генератора ФПУ на семена: контрольное влияние самого генератора ФПУ без введения кодовых структур (ФПУ-контроль) и влияние генератора ФПУ с вводимыми кодами (ФПУ-код). В этих случаях семена за 24 часа до опытов замачивали в воде. После таких воздействий семена стандартно доводили до начальной стадии прорастивания и подсчитывали число хромосомных аберраций в корешках проростков. Для цитологического анализа корешки фиксировали в смеси этанол-уксусная кислота (1:1) 12 часов, затем мацерировали сутки пектиназой (5%-й раствор). Окрашивали ацетокармином и готовили временные давленные препараты. Численную оценку поврежденных хромосом вели на микроскопе Цейс-NFRK при увеличении 20x20.

Исследования выполняли по схеме, приведенной в таблице 1, которая требует некоторых предварительных пояснений в форме вариантов:

Вариант 1. Изучение влияния генератора ФПУ на контрольные семена. «К» — контрольные семена (условное сокращение).

К: (ФПУ-контроль) — действие генератора ФПУ на контрольные семена;

К: (ФПУ-код) — действие генератора, в который одновременно вводится код, на контрольные семена.

Вариант 2. Изучение влияния генератора ФПУ и генератора ФПУ с вводимыми кодами — на семена, облученные дозой рентгена 2000 г. «R2» — действие рентгеновского облучения (условное сокращение).

R2: (ФПУ-контроль) — действие генератора ФПУ на рентген-облученные семена;

R2: (ФПУ-код) — действие генератора, в который одновременно вводится код, на рентген-облученные семена.

Вариант 3. С целью изучения вероятного ФПУ-резонансного ди-

стантного взаимовлияния облученных рентгеном и необлученных семян (по аналогии с работой [2]) проведены следующие опыты.

В одну стеклянную пробирку в отношении 1:1 помещали необлученные (К) и облученные рентгеном (R2) семена. Обработку вели в подвариантах:

- К: (ФПУ-контроль)
- К: R2: (ФПУ-контроль)
- К: (ФПУ-код)
- К: R2: (ФПУ-код),

т. е. в режимах пассивного (без кода) и активного (с кодом) переноса информации. После указанных воздействий на семена — их разделяли на группы К, R2 и подсчитывали хромосомные aberrации.

Вариант 4. Аналогичен варианту 2, но с дозой облучения рентгеном 10000г (R10).

Вариант 5. Поскольку при дозе 10000г можно было ожидать необратимые повреждения хромосом, использовали следующие подварианты опытов с использованием превентивного введения ФПУ-кодовой информации в семена до их облучения рентгеном.

К: (ФПУ-контроль): R10, т. е. контрольные и рентген-облученные семена перемешивали и обрабатывали генератором ФПУ.

К: (ФПУ-код-R10⁺), т. е. часть контрольных семян предварительно обрабатывали в режиме (ФПУ-код), облучали 10000г, смешивали с другой частью контрольных семян и вновь обрабатывали в режиме (ФПУ-код).

Вариант 6. Для выяснения, — действительно ли акустические коды, модулирующие ФПУ-резонансы, несут специфическую геномную знаковую информацию, а не являются артефактом экспериментов, была поставлена специальная контрольная серия опытов, аналогичная варианту 2, но код человека-оператора был модифицирован, по сравнению с обычно применявшимся, в сторону положительной и отрицательной информации и эмоциональных настроений по отношению к эффекту снятия хромосомных aberrаций. Были также взяты подвариант хаотического (бессмысленного) кода и подварианты использования английского и немецкого кодов, в дополнение к кодам на русском языке.

В экспериментах работали с семенами пшеницы сорта «Энита» и ячменя сорта «Г2».

Результаты работы представлены в таблицах 2—6.

Таблица 1

Общая схема работы
+ означает, что вербальный код введен до облучения рентгеном

Исходный биоматериал: пшеница «Энита», ячмень «Г2» Дозы рентгена: 2000г и 10000г	
а) К	а) R10
1. б) К: (ФПУ-контроль)	4. б) R10: (ФПУ-контроль)
в) К: (ФПУ-код)	в) R10: (ФПУ-код)
а) R2	а) К: (ФПУ-контроль): R10
2. б) R2: (ФПУ-контроль)	5. б) К: (ФПУ-код-R10 ⁺)
в) R2: (ФПУ-код)	
а) К: (ФПУ-контроль)	То же, что в варианте 2, но с модификациями речи
а*) К: R2: (ФПУ-контроль)	
3. б) К: (ФПУ-код)	6. (Положительный и отриц. эмоц. настрой и информация. Бессмысленный, английский и немецкий коды)
б*) К: R2: (ФПУ-код)	

Таблица 2

Действие генератора ФПУ на интактные и рентген-облученные (2000г) семена пшеницы

Вариант опыта	Число корней	Число просмотренных клеток	Число нормальных анафаз	Число aberr. анафаз	% aberrаций	Достоверн. разницы относительно:		
						К	R2	ФПУ-контр. ФПУ-код
1а	11	20000	290	20	6,4±1,4			
1б	10	20000	302	18	5,6±1,3	Н/д		
1в	10	20000	1601		10,2±1,8	Н/д		10 ⁻³
2а	10	20000	333	56	14,3±1,8	10 ⁻³		
2б	10	40000	261	496	65,5±1,7		10 ⁻³	
2в	10	40000	258	424	61,2±1,8		10 ⁻³	Н/д
3а	10	25000	351	58	14,1±1,7	10 ⁻³		
3а*	10	20000	453	270	59,6±1,8		10 ⁻³	
3б	10	20000	205	18	8,1±1,8	Н/д		10 ⁻²
3б*	10	20000	319	140	30,5±2,1		10 ⁻³	10 ⁻³

АНАЛИЗ ТАБЛИЦЫ 2

Как показывает табл. 2, в варианте 1а зерна пшеницы «Энита» имеют 6,4% хромосомных aberrаций. В корешках семян, подвергшихся обработке ФПУ (вариант 1б), уровень aberrаций несколько снизился, но недостоверно. В корешках семян (вариант 1в) aberrации составляют 10,2%, что недостоверно к контролю. Видно, что воздействия ФПУ и ФПУ с кодом — на контрольные семена вызывает статистически незначимые изменения в их геноме.

В корешках семян, облученных 2000г- (вариант 2а), aberrации составляют 14,3%, что достоверно выше контроля (К). Обработка таких семян в режимах «ФПУ-контроль», «ФПУ-код» (варианты 2б, 2в) дала резкое возрастание aberrаций. Очевидно, что сам по себе генератор ФПУ, независимо от того, — вводится в него код или нет, способен лишь увеличивать число хромосомных повреждений у рентген-облученных семян. Ситуация резко меняется, если перемешать контрольные и 2000г-облученные семена (вариант 3а, б): когда включен генератор и он действует на контрольные семена, то aberrации достоверно возрастают до 14,1% (вариант 3а). При перемешивании облученных 2000г. с необлученными (К) и воздействию в режиме «ФПУ-контроль» — в (К) уровень aberrаций резко возрастает до 59,6% (вариант 3а⁺), что можно объяснить ожидаемым дистантным ФПУ-резонансным эпигенетическим полевым влиянием (пассивным переносом) облученных хромосом на интактные. Аналог такого явления уже продемонстрирован нами на эмбриональной ткани лягушки [2]. В варианте 3б⁺ обнаружен принципиально иной феномен, собственно и являющийся основной целью работы, а именно — высоко достоверное снижение уровня хромосомных aberrаций под влиянием двух факторов: кодовых вербальных структур и доноров, т. е. интактных геномов контрольных необлученных рентгеном семян. Эти факторы обеспечили снижение уровня aberrаций в два раза — с 59,6% (3а⁺) до 30,5% (3б⁺). Варианты 3а⁺ и 3б⁺ отличаются друг от друга только отсутствием или наличием кода человека-оператора. Когда в этих подвариантах работает только генератор ФПУ, то доноры (рентген-облученные семена) влияют на акцепторы (необлученные рентгеном семена) отрицательно. У последнего уровень aberrаций резко и достоверно возрастает даже по отношению к рентген-облученным семенам, но он вдвое падает, когда в генератор ФПУ вводятся коды. При этом донором положительной информации служат интактные контрольные семена. Следовательно, без вербальных кодов преобладает отрицательная информация от пораженных геномов, а при использовании кодов преобладает положительная информация от нормальных геномов.

Таблица 3

Действие генератора ФПУ на интактные и рентген-облученные (2000г) семена ячменя

Вариант опыта	Число корней	Число просмотренных клеток	Число нормальных анафаз	Число aberr. анафаз	% aberrаций	Достоверн. различия относительно:		
						К	R2	ФПУ-контр. ФПУ-код
1а	10	40000	1186	31	2,6±0,4			
1б	10	40000	956	26	2,6±0,5	Н/д		
1в	10	40000	1986	40	1,9±0,3	Н/д		Н/д
2а	10	40000	782	45	5,4±0,8	10 ⁻³		
2б	10	40000	641	49	7,1±0,9		Н/д	
2в	10	40000	1200	44	3,5±0,5		10 ⁻²	10 ⁻³
3а	10	40000	1279	35	2,6±0,4	Н/д		
3а ⁺	10	40000	782	69	8,1±0,9		10 ⁻³	
3б	10	40000	1010	14	1,3±0,4	Н/д		5·10 ⁻²
3б ⁺	10	40000	1360	55	3,8±0,5		Н/д	10 ⁻³

АНАЛИЗ ТАБЛИЦЫ 3

В таблице 3 даны результаты такой же работы с 2000г-облученными семенами ячменя сорта «Г2». Видно, что геном этого растения более устойчив к рентгену по сравнению с пшеницей, но общий характер ответов в вариантах 1а-в, 2а-в и 3а сохраняется. Однако, в 3б эффектов взаимных информационных влияний и снятия aberrаций обнаружить не удалось, возможно, по причине общего низкого уровня рентгено-повреждений и малой восприимчивости к ФПУ-полю.

Таблица 4

Действие генератора ФПУ на интактные и рентген-облученные (10000г) семена пшеницы

Вариант опыта	Число корней	Число просмотренных клеток	Число нормальных анафаз	Число aberr. анафаз	% aberrаций	Достоверн. различия относительно:	
						R10	ФПУ-контр. ФПУ-код
4а	10	40000	6	579	98,9±0,4		
4б	10	40000	7	198	96,5±1,3	Н/д	
4в	10	40000	33	450	93,2±1,1	10 ⁻³	5·10 ⁻²
5а	10	40000	20	537	96,4±0,8	Н/д	
5б	10	40000	49	598	92,4±1,1	10 ⁻³	5·10 ⁻²

АНАЛИЗ ТАБЛИЦЫ 4

В таблице 4 приведены данные по аналогичным воздействиям ФПУ, но на семена пшеницы «Энита», облученные высокой дозой 10000г. Как и следовало ожидать, такое рентген-облучение оказалось летальным и необратимым в отношении повреждения генома.

Таблица 5

Действие генератора ФПУ на интактные и рентген-облученные (10000г) семена ячменя

Вариант опыта	Число корней	Число просмотренных клеток	Число нормальных анафаз	Число аббер. анафаз	% аббер. ции	Достоверность разницы:		
						относ. R10	относ. 46	между ФПУ-контр. и ФПУ-код
4а	10	40000	151	68	31,0±3,1			
4б	10	40000	294	262	47,1±2,1	10 ⁻³		
4в	10	40000	106	15	12,3±2,9	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³
5а	10	20000	61	36	37,0±4,9	Н/д	5•10 ⁻²	
5б	10	40000	339	55	13,9±1,7	10 ⁻³	10 ⁻³	10 ⁻³

АНАЛИЗ ТАБЛИЦЫ 5

Устойчивость семян ячменя оказалась адекватной дозе 10000г по результату анализа ФПУ-воздействий (таблица 5). В варианте 4а уровень аббераций составил 31,0%, в варианте 4б — 47,1%, в варианте 4в — 12,3%. Разница между ними высоко достоверна. Закономерность искусственной регуляции уровня хромосомных аббераций аналогична полученной на облученных 2000г зернах пшеницы: режим «ФПУ-контроль» дополнительно к уже приобретенным рентген-абберациям увеличивает число хромосомных поломок в митозе, а режим «ФПУ-код» снижает их уровень почти до фонового.

Представляется важным выяснить, можно ли защитить геном от рентген-повреждений превентивно, заранее введя соответствующую кодовую информацию в семена, которые только после этого получают заведомо травмирующую дозу жесткого излучения. В 5б варианте такая методика была апробирована: интактные зерна ячменя помещали в ФПУ-генератор и вводили адекватный код, после чего их облучали 10000г. Затем перемешивали с новой порцией интактных зерен (К) и снова обрабатывали в режиме «ФПУ-код». В итоге уровень аббераций высоко достоверно снизился почти до фонового, сравнимого с вариантом 4в. Таким образом, код может вызвать как пост-рентгеновскую ре-

парацию генома, так и заранее создать некую пре-защиту и (или) режим сверхбыстрой реконструкции хромосом до нормы. В режиме 5а уровень аббераций по сравнению с 4б также снижается, хотя незначительно, но достоверно, что говорит о влиянии интактных семян (К) на облученные 10000г (R10), которое уже было отмечено нами на пшенице (таблица 2, режим 3б). Поскольку код кроме семантической нагрузки несет и контекстные слои информации, связанные с эмоциями и т. д., то было целесообразно проверить влияние психологических настроев на эффективность защиты растительного генома с помощью ФПУ-резонансов. Кроме того, логично было проверить, срабатывает ли принцип инвариантности кодов при одном и том же смысловом содержании (использование русских, английских и немецких языковых кодов-команд). Такие эксперименты в варианте 2 были поставлены и сведены в таблицу 6.

Таблица 6

Действие генератора ФПУ, электромагнитное поле которого дифференцированно модулировано кодами, на рентген-облученные (2000г) семена пшеницы

Вариант опыта	Число просмотренных клеток	В том числе анафаз		% хромосомных аббераций	Достоверность разницы
		нормальных	с абберациями		
1а	20000	362	5	1,35±1,6	10 ⁻³ к др. вариан.
2а	20000	447	39	8,0±1,2	10 ⁻³ к 2б, 2в
2б	20000	440	46	10,6±1,4	10 ⁻³ к 1а, 2а, 2в
2в-отрицательн. информ.	20000	372	45	12,0±1,6	10 ⁻³ к 2в
2в-полож. информ.	20000	434	32	6,8±1,2	
2в-бессмысл. речь	20000	421	38	8,3±1,3	
2в-англ. речь с полжит. информ.	20000	285	15	5,0±1,3	
2в-немец. речь с положит. информ.	20000	291	20	6,4±1,4	

АНАЛИЗ ТАБЛИЦЫ 6

Это была специальная серия опытов, проделанная на пшенице из партии зерен от другого урожая, поэтому абсолютные цифры аббераций отличаются от тех, что приведены в таблице 2.

Из таблицы 6 видно, что уровень аббераций, как это мы уже констатировали, достоверно растет при облучении рентгеном и дополнительно достоверно растет при воздействии в режиме «ФПУ-контроль».

Если при этом вводить через резонансы ФПУ коды отрицательного характера с адекватным психологическим настроем, то уровень аберраций еще достоверно возрастает. Если вводить положительную информацию с соответствующим психо-настроем, уровень аберраций достоверно и резко снижается и становится ниже, чем у рентген-облученных семян, но вновь достигает уровня рентген-облученных, если вводить бессмысленный код. Английский и немецкий модификации кодов, инвариантных по содержанию обычным русским, снижающим аберрации, дали четкую тенденцию к уменьшению повреждений хромосом ниже чем у рентген-облученных семян.

Таким образом, обнаруживаются тонкие детали в психоэмоциональном, вербально-семантическом ФПУ-регулировании важнейшего для биосистем процесса репарации и самоорганизации генома.

7.2. Обсуждение результатов

Существующие объяснения дальних информационных взаимодействий молекулярных и субклеточных структур, процессы их взаимоузнаваний в актах самоорганизации биосистем нуждаются в поправках, учитывающих другие уровни работы, в частности — генетического аппарата, а именно образно-знаковые уровни, ассоциированные с работой нервной системы, сознанием человека. Представляется, что ФПУ-процессы, развивающиеся в нервном импульсе и зависимые от первичной структуры РНК нейронов [9], и ФПУ-подобные и иные знаковые процессы в ДНК, обнаруженные нами [2, 10], имеют информационный контакт на супергенетическом мыслительно-речевом уровне, что соответствует принципам лингвистической генетики [5] и квази-речевым характеристикам ДНК, РНК и белков [4, 6, 10]. Главный недостаток существующих трактовок работы генома — в упрощенных попытках вывести дальние информационные взаимодействия в геноме из ближних (водородных, ван-дер-ваальсовых, ионных), которые несомненно действуют, но только наряду с ориентациями в пространстве времени клетки, связанными с акустико-электромагнитными полями биополимерных структур (и, возможно, с аксионным газом). А на уровне сознания, т. е. работы главным образом нейронов головного мозга, включаются дополнительные фундаментальные процессы. Они связаны с полем сознания и структурой физического вакуума [11]. Одним из проявлений таких процессов может выступать репарация поврежденных ДНК и хромосом при взаимодействии сознания (речи) с

ФПУ-процессами в поврежденных хромосомах и в генераторе ФПУ, моделирующем волновые процессы генома.

В природе самоорганизация поврежденных ДНК и хромосом происходит естественным путем, но очень медленно и с низкой эффективностью. К примеру, известный вариант, когда происходят «сшивки» двойных разрывов ДНК или инверсии делений хромосом. Будем считать, что в таких разрывах ДНК присутствуют «липкие» концы. Примем, что водородные связи комплементарных «липких» концов ДНК участвуют во взаимоузнавании на конечном этапе после дальних резонансных электромагнитных «комплементарных» взаимодействий (поисков друг друга) разорванных концов ДНК. Такое предположение основывается на том факте, что недавно в низкотемпературных спектрах комбинированного рассеяния дезоксирибонуклеотидов нами обнаружены пересекающиеся частоты для канонических пар А-Т, Г-Ц в области 40—120 см⁻¹. Это может свидетельствовать в пользу резонансного поиска комплементарных пар оснований ДНК IN VIVO, начинающегося с зондирующего радиодиапазона излучений полинуклеотидных цепей [6], т. е. именно с дальних взаимодействий. Это же подтверждает и другая наша работа [7], в которой дезоксирибонуклеозидтрифосфаты в кристаллическом состоянии люминесцируют при двухфотонном возбуждении в диапазоне 300—400 нм. При этом спектры комплементарных пар А-Т и Г-Ц имели близкие по частотам главные максимумы. Однако, такие резонансные взаимодействия являются лишь первичными актами квази-разумной деятельности генома, вовлекаемыми в высокие информационные процессы сознания. Эти данные подтверждают ранее высказанные гипотезы [1—3, 8] относительно функционирования генетического аппарата высших биосистем в режимах собственной самоорганизации и образно-знакового управления морфогенезом. Они расширяют их за счет введения элементов лингвистической генетики и подхода к последовательностям нуклеотидов ДНК как рече-подобным структурам, взаимодействующих с сознанием и речью человека. Семиотико-семантическое толкование последовательностей ДНК выводит трактовку генома в иное измерение. Здесь прежде всего необходимо сформулировать понятие «слова»; и в этом смысле можно использовать закон Ципфа «наоборот», т. е. найти такие полинуклеотидные последовательности, которые бы удовлетворяли его требованиям. Солитоны ДНК, как в рамках ФПУ-процессов, так и при других нелинейных возбуждениях ДНК, в этом случае могут выступать как механизм «озвучивания и визуализации речи ДНК». «Визуализация» может быть понята, в частности, с позиций голографической памяти генома [11].

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаряев П. П., Васильев А. А., Березин А. А., ГИПОТЕЗА. Независимый научный журнал. № 1, с. 24—43, (1991); № 1, с. 49—64, (1992).
2. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov G. G., Berezin A. A., Vasiliev A. A., Proc. SPIE, v. 1621, 280—291 (1991).
3. Berezine A. A., Kukushkin P. V., Andriankin E. T., Physica Scripta, v. 38, p. 719, (1988).
4. Katsikas A. A., Nicolis J. S., Nuovo Cim. D., v. 12, № 2, 177—195, (1990).
5. Маковский М. М., Лингвистическая генетика., М.: Наука, (1992).
6. Гаряев П. П., Горелик В. С., Моисеенко В. Н., Попонин В. П., Чудин В. И., Щеглов В. А. Физический институт им. П. Н. Лебедева, Краткие сообщения по физике, № 49 1, 2, с. 33—36 (1992).
7. Агальцов А. М., Гаряев П. П., Горелик В. С., Щеглов В. А., Квант, электрон., (1994, в печати).
8. Мосолов А. Н., в кн.: «Успехи современной генетики», вып. 9, с. 184—202, М.: Наука, (1980).
9. Березин А. А. Анализ принципов формирования и распространения нервных импульсов с позиции теории солитонов в длинных линиях передачи. ВИНТИ ДЕП, № 6852-В86, 09.09.1986 г.
10. Гаряев П. П., Васильев А. А., Григорьев К. В., Попонин В. П., Щеглов В. А. Краткие сообщения по физике ФИАН, №№ 11, 12, с. 63—69, (1992).
11. Шипов Г. И., Теория физического вакуума. ИТ-Центр. М. 362 с. (1993).

8. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ДОПОЛНЕНИЯ ПО ФПУ-ВЕРБАЛЬНЫМ ПЕРЕНОСАМ СУПЕРГЕНЕТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

8.1. Экспериментальное дополнение

(Опыты с растением Арабидопсис, проведенные в Институте Общей Генетики РАН совместно с В. И. Абрамовым; и опыты, проведенные в НИИ с/х биотехнологии совместно с В. А. Внучковой, Г. А. Шелпиной и Г. Г. Комиссаровым).

8.1.1. Псевдомутагенез, вызываемый ФПУ-опосредованными кодовыми вербальными командами человека-оператора

Сухие семена *Arabidopsis thaliana* линии *Lansberg erectum* (L. e.) были в равных количествах помещены в 4 герметически закрывающиеся полиэтиленовые эпендорф-пробирки на 2 мл.

1-ю и 2-ю пробирки (L. e. ↔ L. e.) помещали в антенну ФПУ-генератора; при этом антенна содержала определенное количество воды. Включали генератор и через акустический вход вводили вербально-семантические коды в течение 3-х минут.

Цель — вызвать программируемые взаимные резонансные дистантные (относительно дальние) волновые переносы супергенетической информации, включающей (как часть) мутации. 3-ю пробирку (↑) отдельно обрабатывали аналогично. 4-я пробирка (K) содержала контрольные семена, не подвергавшиеся никакой обработке.

Частоты встречаемости (%) мутаций

Варианты	Общее число растений	Частота встречаемости (%) мутаций			
		растений <i>m-a</i> 1-ое покол.	химерных растений 1-ое покол.	стручков <i>m-b</i> 1-ое покол.	эмбрионов <i>m-c</i> 2-ое покол.
L. e. ↔ L. e.	217	7,83 ± 1,82	7,83 ± 1,82	2,70 ± 0,65	9,58 ± 0,05
L. e. ↑	75	20,00 ± 4,62	20,00 ± 4,62	7,69 ± 1,79	1,32 ± 0,13
L. e. — K	72	2,78 ± 1,94	2,78 ± 1,94	0,94 ± 0,66	0,08 ± 0,03

L. e. — (*Lansberg erectum*) — линия арабидопсиса, взятая для работы.

↔ — взаимный одновременный перенос информации из одной пробирки в другую (в обеих пробирках находились семена одной и той же линии *Lansberg erectum*).

↑ — перенос информации в семенах, находящихся в одной пробирке (линия арабидопсиса та же — *Lansberg erectum*).

К — контрольный вариант — семена той же линии выращивали без каких-либо воздействий, (*m-a*) — гетерозиготные по летальной мутации; (*m-b*) — мутированные стручки; (*t-c*) — эмбриональные мутации.

Как видно из таблицы, все мутантные растения химерны. Это свидетельствует о том, что семена (взятые для анализа) изначально не содержали мутаций, не считая фоновых (спонтанных).

Частота эмбриональных летальных мутаций, наблюдаемая в контрольном варианте, соответствует спонтанной частоте, характерной для арабидопсиса.

Из представленной таблицы видно, что действие фактора переноса на семена, находившиеся в одной пробирке, приводит к значительному повышению частоты эмбриональных летальных мутаций. Действие фактора переноса на семена, находившиеся в двух разных пробирках, не столь эффективно, как при действии его на семена в одной пробирке, однако и в первом, и во втором случаях — различия с контролем статистически достоверны.

Полученные результаты позволяют сделать некоторые предварительные выводы.

1. Фактор переноса, при действии на семена, находящиеся в непосредственной близости друг к другу (в одной пробирке), обладает высокой мутагенной активностью, соизмеримой с действием ионизирующих излучений в дозе 250—300 Грэй.

2. При действии фактора переноса на семена, находящиеся на достаточно отдаленном расстоянии друг от друга (в разных пробирках), имеет место снижение мутагенной активности фактора переноса. Возможно, за счет переноса информации с нормальных аллелей семян из одной пробирки на мутантные аллели семян в другой пробирке и наоборот. Результатом последнего будет исправление мутантных аллелей, что и привело к наблюдающемуся снижению частоты мутаций в данном варианте.

То, что полученные результаты не являются демонстрацией тривиального мутагенеза — ясно из следующего. Электромагнитные поля ФПУ-генератора такой мощности (порядка единиц микроватт) не способны прямо повреждать ДНК, подобно высоким дозам ионизирующих излучений. Если бы имел место просто мутагенез, частоты мутаций были бы одинаковы как для одиночной пробирки, так и для двух пробирок, а этого не наблюдается с высокой достоверностью. Поэтому такие явления могут быть поняты как мутагено-подобные (МП). Вероятно, в процессе кодовых воздействий, содержащих вербальные команды на взаимный обмен эпигеноинформацией между семенами, проис-

ходят хаотические транспозиции волновых матриц хромосом. Это определяет МП-дезорганизацию морфогенеза растений с фенотипическими проявлениями квази-мутаций. При этом эффективность внедрения волновых матриц естественно выше у семян, находящихся в одиночной пробирке.

Разделение на две пробирки приводит к взаимному «гашению» эффекта.

8.1.2. Ускорение роста, вызываемое ФПУ-опосредованными кодовыми вербальными командами человека-оператора

Увлажненные семена *Arabidopsis thaliana* делили на две части и помещали в стеклянные пробирки. Первую часть помещали в антенну включенного ФПУ-генератора и вводили кодовые вербальные команды на ускорение роста в определенной стадии развития растения (опыт). Вторую часть (контроль) также помещали в антенну включенного ФПУ-генератора, но вводили бессмысленные вербальные команды. Семена высевали и выращивали в одинаковых условиях. Как видно на рис. 1 и рис. 2 контрольные растения существенно меньше по сравнению с опытом.

Обнаруженные эффекты псевдомутагенеза и ускорения роста *Arabidopsis thaliana*, вызываемые человеком-оператором посредством вербальных команд, которые модулируют солитонное поле ФПУ-генератора, еще раз в определенной мере подтверждают положение о том, что языки генома и человеческая речь имеют общие корни и универсальную грамматику. Еще раз демонстрируется, что солитонное поле ФПУ-генератора, моделирующее поле ДНК и хромосом, может служить волновым посредником между высшими кодами человеческой речи и полевыми кодами хромосомного аппарата.

8.2. Теоретическое дополнение

Общность знаковой структуры человеческой речи и последовательностей ДНК.

(по материалам совместных исследований с М. Ю. Масловым (Математический Инст. РАН) и А. А. Поликарповым (филологического ф-та МГУ)).

1. Ставшее уже традиционным применение семиотико-лингвистической терминологии по отношению к гено-функциям ДНК и РНК, ве-

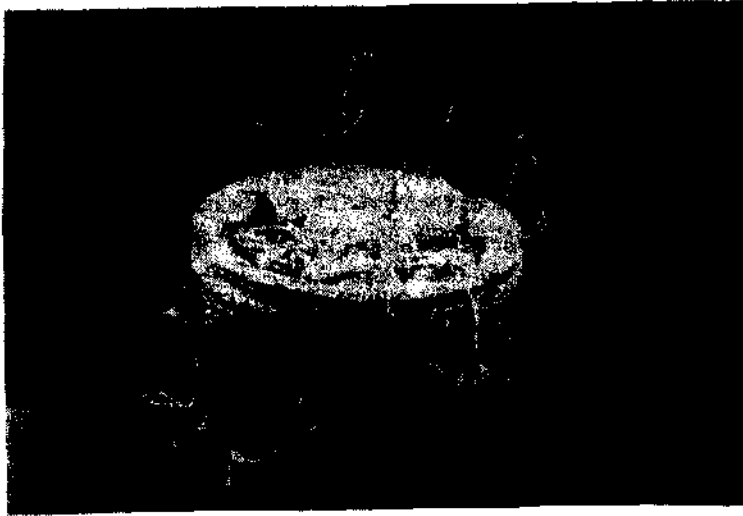


Рис. 1. Растения *Arabidopsis thaliana*, выращенные из семян, обработанных знаковыми полями ФПУ-генератора (опыт)

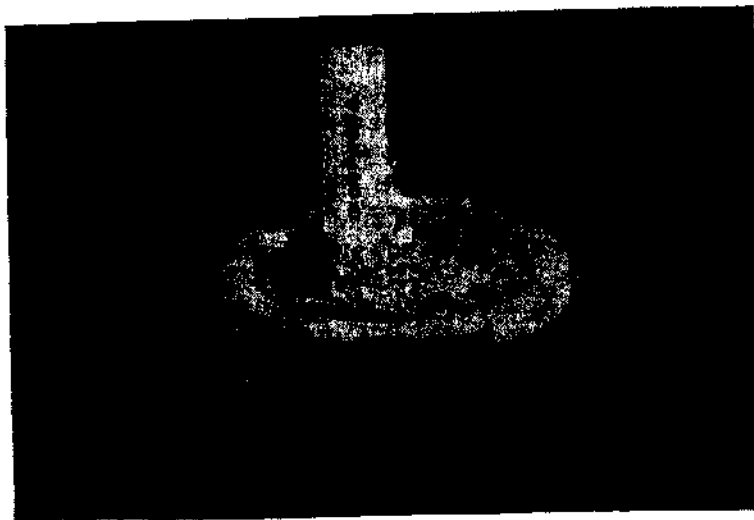


Рис. 2. Растения *Arabidopsis thaliana*, выращенные из семян, обработанных хаотическими полями ФПУ-генератора (контроль)

роятно, оправдано, однако, носит пока, в основном, метафорический характер. Употребляют такие слова как «чтение» (например, — чтение рибосомой иРНК), «трансляция» (перевод последовательностей иРНК в белки), «пунктуация» (стартовый и столовый кодоны), «слова» (условно выделенные нуклеотидные последовательности), «язык ДНК», «язык белков» и т. д. Это удобно, но насколько корректно? Взятая как бы взаймы, семиотическая логика этих понятий ведет все дальше, появляются еще более обязывающие термины, типа «узнавание промотора» [25], что является параллелью к семиотическому явлению намекания. Кто или Что является в живой клетке субъектами генерации нуклеиновых «текстов» с последующей трансляцией в белковые, а затем их «чтения»? Такое использование специфической терминологии — следствие молчаливо принимаемой версии работы генома как биокомпьютера с присущим ему квази-сознанием. При этом такой биокомпьютер, как показали наши исследования, обладает голографической памятью и, соответственно, способностью генерировать и распознавать образы, частным случаем которых может выступать Слово [5, 2]. Кто создатель хромосомных программ, т. е. собственно генетических текстов? При таком подходе к возникновению знаковых рядов в генетических молекулах ссылки на дарвиновскую эволюцию оказываются недостаточными [25, 5, 18, 20, 27] и снова возникает необходимость вернуться к пантеизму Спинозы или к Абсолютной Идее Гегеля, но на современном уровне Теории Единого Поля Эйнштейна, завершенной Шиповым и развитой им как математическая Теория Физического Вакуума [19]. Физический Вакуум Шипов понимает как Поле Сознания, отчуждающее Мир Бытия, в том числе и знаковые структуры генетического аппарата организмов планеты Земля.

Компьютерно-семиотический подход к изучению ДНК, предлагаемый нами и другими [5, 13], наверное, плодотворен, и настоящее исследование является следующей нашей, после работы [16], попыткой разобраться, действительно ли некоторые понятия лингвистики и семиотики применимы к «геноязыку».

2. Теоретической основой нашего подхода является э к о л о г о с е м и о т и ч е с к а я модель языка, модель его ситуативной адаптации и самоорганизации [11, 26, 12]. Язык в ней определяется как особый, коммуникативный, вид естественных классификационных систем.

Классификации, возникающие в таких условиях, состоят из особых, коммуникативных, абстракций, называемых з н а ч е н и я м и . Функция этого типа классификации заключается в том, что посредст-

вом активации ее элементов (значений) в отражательной системе партнера (достигаемой через посылку некоторых физических объектов-посредников, называемых з н а к а м и), можно ему намекнуть на какие-то иные, специфические, практически значимые образы (смыслы).

Классификационные процессы в живой природе заключаются в отражении окружающей среды в форме образов, затем в их сравнении и последовательном обобщении, генерализации (т. е. выделении-усилении общих, повторяющихся и опущении специфических компонентов из содержания исходных образов). На этой основе образуются все более и более абстрактные образы, формирующие как определенную иерархию, «пирамиду» образов с расширяющимся объемом области, подпадающей под каждый из более абстрактных образов, так и определенные аспектуальные подсистемы абстракций. Эти процессы служат основой для ориентации, для выживания любого живого существа в свойственной ему среде. Типичный набор ситуаций жизнедеятельности индивидов данного вида заставляет формировать в их отражающей сфере некую систему иерархически (или аспектуально) соположенных образов-абстракций. Наиболее специфические, наиболее конкретные образы соответствуют конкретным видам ситуаций жизнедеятельности, более абстрактные образы отображают наиболее общие, устойчивые, повторяющиеся характеристики ситуаций, соответствующие типам ситуаций.

Ситуации практической жизнедеятельности формируют практические естественные классификационные системы. Ситуации коммуникативной жизнедеятельности формируют коммуникативные естественные классификационные системы. Коммуникативные ситуации противопоставлены практическим ситуациям тем, что в них ставятся и достигаются цели не непосредственно практически значимые (добывание пищи, нахождение укрытия, уклонение от хищников и т.п.), а заключающиеся в «передаче» информации партнерам по общению, которую можно впоследствии использовать при необходимости в тех или иных практических актах жизнедеятельности.

В качестве значений обычно используются какие-либо из достаточно абстрактных образов, прежде выработанных в ходе той или иной практической деятельности. Однако в ходе коммуникативной деятельности могут вырабатываться и специальные, только в коммуникации используемые значения (например, в естественном языке — значения служебных слов и служебных морфем).

Достаточно высокий уровень абстрактности значений, их относительная немногочисленность в сравнении со смыслами способствует

поддержанию относительного тождества их набора у каждого из членов социума, способствует единству языка (достигаемому в приемлемом объеме в коллективе на основе взаимного общения-обучения его членов).

Сложности с приложением общесемиотических понятий, выработанных преимущественно на основе анализа социальных коммуникативных систем, к системам генетической коммуникации возникают уже на этапе отождествления в них отправителей и получателей, а тем более — тех различных знаков и их функций, которые при этом используются. С одной стороны, отправителем, субъектом генетической коммуникации, может рассматриваться геном клетки, в различных условиях, в различных окружениях, на том или ином этапе развития клетки (и, возможно, того многоклеточного организма, в который она включена) по-разному осуществляющий свою регулятивную и коммуникативную (а точнее — регулятивную через коммуникативную) активность в отношении прочих подсистем клетки. Эти прочие подсистемы клетки в этом случае рассматриваются в качестве получателя. С другой стороны, генетическая коммуникация осуществляется и между геномом клеток-родителей и геномом клеток-потомков, но не в пределах данной биосистемы, а на уровне сообществ, популяций организмов. В этом случае генобиознаковые процессы выходят на более высокий уровень, реализуя межпопуляционные обмены «генотекстами».

И разумеется, в таком случае первоначальной проблемой является сегментация генетических сообщений на значимые последовательности, выявление их функционально релевантных комбинаций, знаковых единиц различного уровня (аналогично, например, морфемам, словам, словосочетаниям, предложениям и т. п. естественного языка), выявление их типовых функций (значений), границ диапазона «контекстуальной» реализации этих типовых функций, типов релевантных контекстов и т. п.

3. Одним из кажущихся свидетельств того, что ДНК-«тексты» являются текстами в семиотическом смысле (ключевым признаком которых являются последовательности слов, объединенных смыслами) служит соответствие статистики распределения ДНК-слов закону Ципфа-Крылова [15]. А. А. Катсикас и Д. С. Николис первыми обнаружили слабое соответствие распределения пуринов и пиримидинов в последовательностях ДНК этому закону [24]. Однако, как показывают работы Б. А. Трубникова [15], этот закон справедлив не только для биологических объектов. Среди тех объектов, которые хорошо описываются им, встречаются и такие, как распределение звезд по массам в звездных скоплениях, распределение химических элементов по массам в

земной коре и т. п. Поэтому соответствие закону Ципфа-Крылова не может служить единственным критерием для отбора словоподобных единиц из ДНК-текстов. Но вместе с тем он позволяет путем селекции по этому признаку обогатить фракцию последовательностей ДНК — претендентов на роль «слов» (или других знаковых единиц).

Обнаруживается и другое кажущееся свидетельство в пользу типологического родства слов человеческой речи и «слов» ДНК, представленное в некоторых работах по «лингвистической генетике», изучающей закономерности развития языков [9]. Оказывается, словообразование в языковом онто- и филогенезе подчиняется законам, сходным с законами формальной генетики с менделевским расщеплением морфологических и смысловых признаков, передаваемых «словам-гибридам» от «слов-родителей», с доминантными и рецессивными признаками, с транспозициями корневых структур, мутациями и т. д. Однако, как кажется, и этот признак не может рассматриваться в качестве достаточного аргумента в пользу семиотической природы ДНК, т. к. количественные законы формальной генетики естественно объясняются на основе действия статистико-комбинаторных механизмов, не являющихся специфичными только для биосистем.

Для изучения генетической коммуникации как аналога речевого процесса требуется наряду с нахождением в последовательностях нуклеотидов ДНК макросвойств, аналогичных макросвойствам человеческой речи, найти хотя бы фрагментарные подтверждения действия знаково-намекательных механизмов в генетической коммуникации и далее — сегментировать, т. е. искать естественные границы между участками генетических сообщений (знаками различного рода и уровня), выявлять те функции (значения), которые предположительно свойственны каждому из этих знаков и т. п.

Важна также идея, что если ДНК выполняет управленческие функции на уровне контроля за развитием организма, то речь людей, кодирующая идеи, учения и законы, выполняет те же функции управления, но фрактально увеличенные до уровня общественного организма, который также, как и его составляющие (люди), растет, развивается, сливается с другими общественными организмами, дает потомство, стареет и умирает. Такие социо-генетические процессы, реализующиеся через одну из своих главных знаковых систем, через речь, нуждаются в последующем изучении. Может оказаться эвристически полезной мысль о том, что в генетическом аппарате существуют подсистемы не только «текстового» плана, но и системно-инвентарного, типа «грамматик» и «словарей» знаковых единиц различных уровней,

используемых в качестве эталонов для контроля правильности построения и наполнения «текстовых» структур.

4. Идея квазивербального или, что одно и то же, образного уровня кодовых функций ДНК (в пределе — хромосомного континуума биосистемы) дает выход из ограниченного функционального поля триплетного генетического кода, не объясняющего — как в геноме зашифрована пространственно-временная структура организма [5, 27, 2].

Конечная, но пока не достигнутая цель предлагаемого анализа — выделение знаковых единиц различных уровней и понимание их семантики в функциональном пространстве многомерных взаимных отображений ДНК-РНК-БЕЛКИ-ОРГАНИЗМ, которое, по крайней мере для ферментов, чрезвычайно гетерогенно (активный центр, сайты узнаваний, архитектура водородно-гидрофобных сил самоорганизации пептидной цепи). Многоязычный метаболический «разговор» между информационными биополимерами клетки и их функционирование как результат обмена языковыми биосигналами выявляет два взаимно коррелированных уровня этого обмена — вещественный и волновой. Вещественный хорошо изучен (матричное копирование ДНК-РНК-Белки, взаимодействие антиген-антитело, самосборка клеточных структур), а тесно связанный с ним волновой уровень — изучен в меньшей степени. В последнем случае ситуация не так проста, но не менее значима. Электромагнитные и акустические излучения белков, нуклеиновых кислот, мембран и цитоскелета хорошо известны. Представляется, что именно волновой уровень информационных контактов клеточно-тканевого пространства выводит метаболические процессы в полевое измерение со своей языковой спецификой и регуляцией [5, 18, 2, 22].

В акустико-электромагнитной компоненте сигнальных функций ДНК наблюдается фрактальность солитонного поля, формально описываемого уравнениями в рамках явления возврата Ферми-Паста-Улама [5, 2, 22]. Существенно, что прямые эксперименты показывают принципиальную возможность распознавания геномом некоторых биосистем смысловых структур искусственных фрактальных солитонных полей — аналогов хромосомных, но дополнительно промодулированных человеческой речью на различных языках [6]. Это, по крайней мере, свидетельствует о том, что принципиально возможен коммуникативный контакт с помощью устной речи на различных естественных языках между хромосомным аппаратом и сознанием человека и хорошо соответствует фундаментальному положению лингвистической генетики о выполнимости законов формальной генетики для гибридных словообразований [9].

Можно полагать, что в живых клетках существует иерархия вещественно-волновых знаковых структур, где условную градацию «буква (фонема) — морфема — слово — предложение ...» определяет фрактальность этих структур. И то, что в одном масштабе является «словом», в другом, более крупном, может быть лишь «буквой», а то, что было «предложением» редуцируется в «слово». Другой нюанс связан с понятием «рамки считывания», первоначально предложенный для генетических «текстов». Сдвиг на одну букву или, в случае знаковых физических полей хромосом,— небольшое изменение фазы, поляризации, частоты может полностью поменять смысл читаемого текста (воспринимаемого образа). Ситуация еще сложнее, если учитывать, что сами «тексты», к примеру, в одних и тех же последовательностях ДНК, могут быть записаны разными языками. И тем не менее, предлагаемая логика работы с метаболической, вещественно-волновой биоинформацией неизбежна, если мы хотим понять сущность феномена Жизни. Сказанное не относится исключительно к известному триплетному генетическому коду. Он удобен как исходная позиция, когда дешифрован первичный уровень поликодов ДНК, уровень вещественно-матричных геносигналов, составляющих 1% — 5% от всей массы геномной ДНК. Оставшаяся большая часть ДНК, существующая в понимании большинства генетиков в качестве «мусорной», может нести, как представляется, стратегическую информацию о биосистеме в форме потенциальных и действительных волновых сигналов солитонной, голографической и иной образно-знаковой, в том числе и, возможно,— рече-подобной структуры [5, 27, 2, 9, 22, 3, 4, 16].

5. Для дальнейшего конструктивного развития круга идей, связанных с пониманием фрактальных закономерностей устройства генома высших биосистем и естественного языка человека существенно хотя бы для начала на ряде примеров показать возможные проявления этого свойства. Например, к анализу генетических текстов можно подойти с позиций их фрактального представления, в рамках т. н. Chaos Game Representation (CGR-представления), т. е. компактного и наглядного графического представления нуклеотидных последовательностей ДНК [23]. Процедура построения этого представления описывается следующим образом: все основания представляются как точки в квадрате; каждому типу азотистых оснований «аденин — гуанин — цитозин — тимин» (начальные латинские буквы А, Т, G, C) ставится в соответствие вершина квадрата; первое основание последовательности изображается точкой, находящейся на середине отрезка, соединяющего центр квадрата и соответствующую вершину квадрата; каждое последующее основание изображается точкой, лежащей на середине

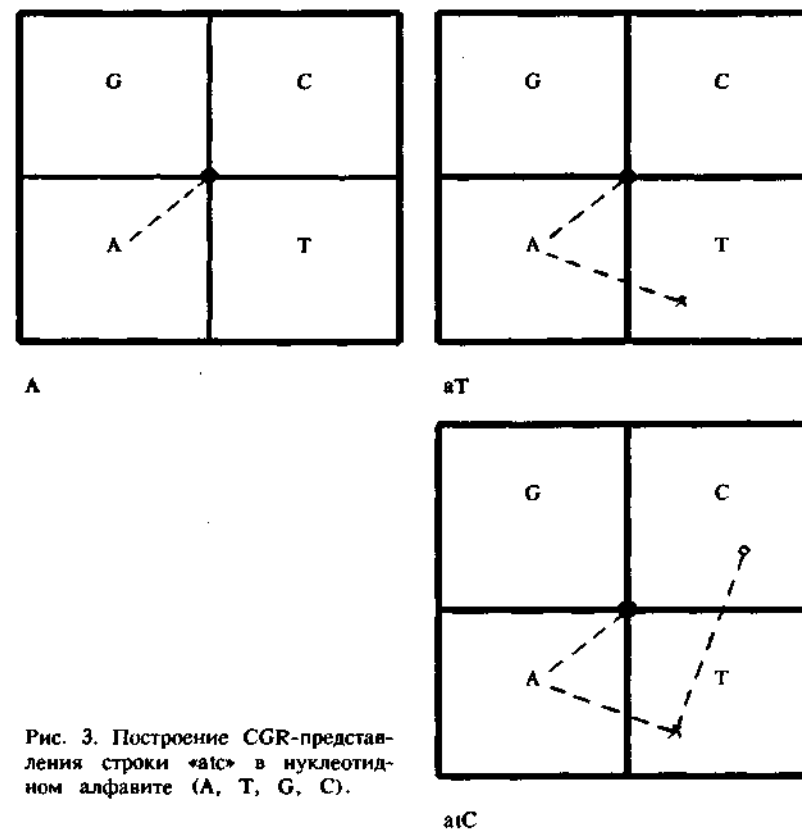


Рис. 3. Построение CGR-представления строки «atc» в нуклеотидном алфавите (A, T, G, C).

отрезка, соединяющего предыдущую точку и соответствующую вершину квадрата (см. рис. 3).

Коротко сформулируем некоторые существенные свойства CGR-представления:

Свойство 1. Каждая последовательность имеет единственное CGR-представление; разные последовательности имеют различные изображения.

Свойство 2. Для любой точки квадрата можно указать последовательность, последняя точка изображения которого будет на любом как угодно малом наперед заданном расстоянии.

Свойство 3. При рассмотрении совокупности изображений всевозможных последовательностей из алфавита (A, T, G, C) оказывается,

что эта совокупность является самоподобным множеством с размерностью подобия $d = 2$ (см. [17]):

$$d = - \ln N / \ln r(N) = - \ln 4 / \ln (1/2) = 2,$$

где N — число уменьшенных копий квадрата, которыми он покрывается, а $r(N)$ — коэффициент масштабирования (меньший, чем 1). Т. е. это множество «заполняет весь квадрат» (подобно кривой Пеано, которая также имеет фрактальную размерность равную 2)

Замечание. Этот алгоритм можно рассматривать как (еще одно) доказательство того, что точек, содержащихся в отрезке, «столько же», сколько и точек, содержащихся в квадрате.

Мы предлагаем использование основной идеи CGR для представления в графическом виде языков с большим, чем четыре, числом символов в алфавите. Можно рассматривать, например, CGR-представление единиц текстов любого языка, в том числе, естественного и генетического. Предлагается более развитый вариант CGR-представления для языков с любым числом символов в алфавите, который удовлетворяет свойствам 1–3. Этот подход обобщает представление, использованное в работе [23]. Опишем его сначала для случая нуклеотидного алфавита из четырех символов.

Разделим квадрат на подквадраты (в данном случае их четыре) и поставим каждому из них в соответствие символы алфавита А, Т, Г, С. Каждая из четвертей подобна всему квадрату; поэтому его можно отобразить в любую из его четвертей с помощью параллельного переноса и масштабирования с коэффициентом $\varepsilon = 1/2$. Это отображение является взаимно-однозначным. «Пустую» цепочку символов будет изображать центр квадрата. Каждый последующий символ определяет отображение всего квадрата в соответствующую четверть. Графическим изображением этого символа будет образ графического изображения предыдущего символа; в частности, изображением первого символа будет образ центра (см. рис. 3).

Очевидно, что в случае алфавита из четырех символов этот алгоритм приведет к такому же результату, что и алгоритм, используемый в [23].

Если мы изменим коэффициент масштабирования (например, $\varepsilon = 1/6$) и, соответственно, число уменьшенных копий квадрата, которые его покрывают (в данном случае их 36), то мы сможем получить графическое представление текста, например, на русском языке, поставив в соответствие каждой из 33-х букв русского алфавита один из подквадратов. Очередной символ определяет, как и раньше, отображение в соответствующий подквадрат; графическим отображением этого

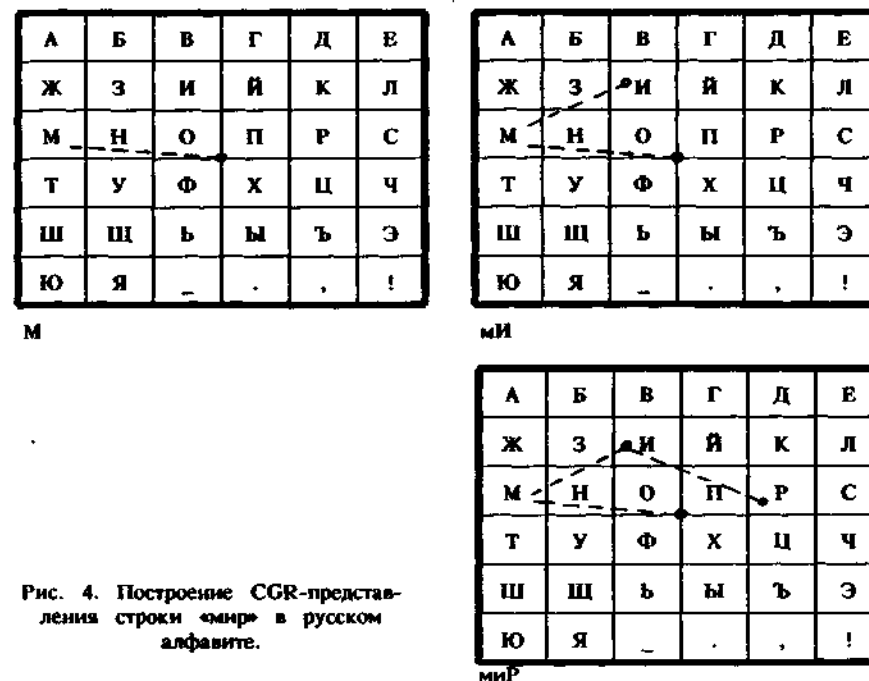


Рис. 4. Построение CGR-представления строки «мир» в русском алфавите.

символа будет образ графического изображения предыдущего символа (см. рис. 4).

В работах биологов [14, 8] было предложено использовать CGR-представление для поиска функциональных участков ДНК. При этом по каждому известному семейству генов строится некоторая распознающая матрица, по терминологии авторов — «маска фрактального представления набора» (маска ФПН). Для определения меры близости между заданной нуклеотидной последовательностью и семейством последовательностей предлагается некоторая мера сходства, использующая маску ФПН. Как утверждается в этих работах, метод масок при сравнении с другими известными методами выигрывает в эффективности (количество операций зависит линейно от длины распознаваемой последовательности) и простоте реализации. Описываются также результаты, полученные с помощью этого метода.

Нам представляется, что метод масок может оказаться полезным и в лингвистике (и в семиотике, в целом), в частности — для определения близости текстов на естественном языке. В качестве образцов

мы взяли три текста примерно одинакового объема (около 300 тыс. употреблений символов из русского алфавита):

Текст 1. Стивенс А. Техника программирования на Турбо Си. (пер. с англ.)

Текст 2. Шилдт Г. Си для профессионалов, (пер. с англ.)

Текст 3. Горяев П. Волновой геном.

Первые два текста тематически близки. На рисунках 5-7 видно, что CGR-представления Текста 1 и Текста 2 сходны между собой и заметно отличны от CGR-представления Текста 3.

Существенной интегральной типологической характеристикой текстов, как кажется, может оказаться фрактальная размерность их CGR-представления [23]. Для определения фрактальной размерности мы использовали алгоритм подсчета клеток (см., напр. [17]). При этом для простоты мы использовали CGR-представление на одномерном, а не двумерном носителе (т. е. на отрезке, а не на квадрате). В нашем примере с тремя текстами ситуация следующая: глобальные фрактальные размерности CGR-представления Текста 1 и Текста 2 близки ($D_1 = 0.71$ и $D_2 = 0.73$ соответственно) и сильно отличаются от глобальной фрактальной размерности Текста 3 ($D_3 = 0.87$). Заметим, что фрактальная размерность CGR-представления «случайного» текста (т. е. последовательности символов, в которой каждый последующий символ выбирается с одинаковой вероятностью и независимо от предыдущих) равна 1. С другой стороны, фрактальная размерность CGR-представления текстов, состоящих из последовательности повторений какого-либо одного символа, например, «ааааа...» равна 0. Поэтому, видимо, фрактальная размерность D текстов естественных языков, варьирующая в диапазоне $0 < D < 1$, может служить определенной мерой сложности структуры сопоставляемых текстов (и, возможно, мерой сложности их смысла). В данном случае структура текста рассматривается на уровне буквенных последовательностей, которая, в свою очередь, в силу фрактальных отношений в текстах естественного языка, является производной от структуры словесных последовательностей, и, в конечном счете, от относительного богатства лексического состава текстов и сложности его содержания. Тем самым, как видно, обнаруживается возможность интегральной оценки семиотического объекта по его характеристикам, получаемым на основе анализа простейших единиц его структуры (в данном случае — буквенной).

Этот вывод имеет большое методологическое значение и для анализа такого знакового объекта, как тексты ДНК и геном высших биосистем в целом. Дело в том, что в настоящее время структура «текстов» ДНК известна, в основном, на уровне триплетного генетического

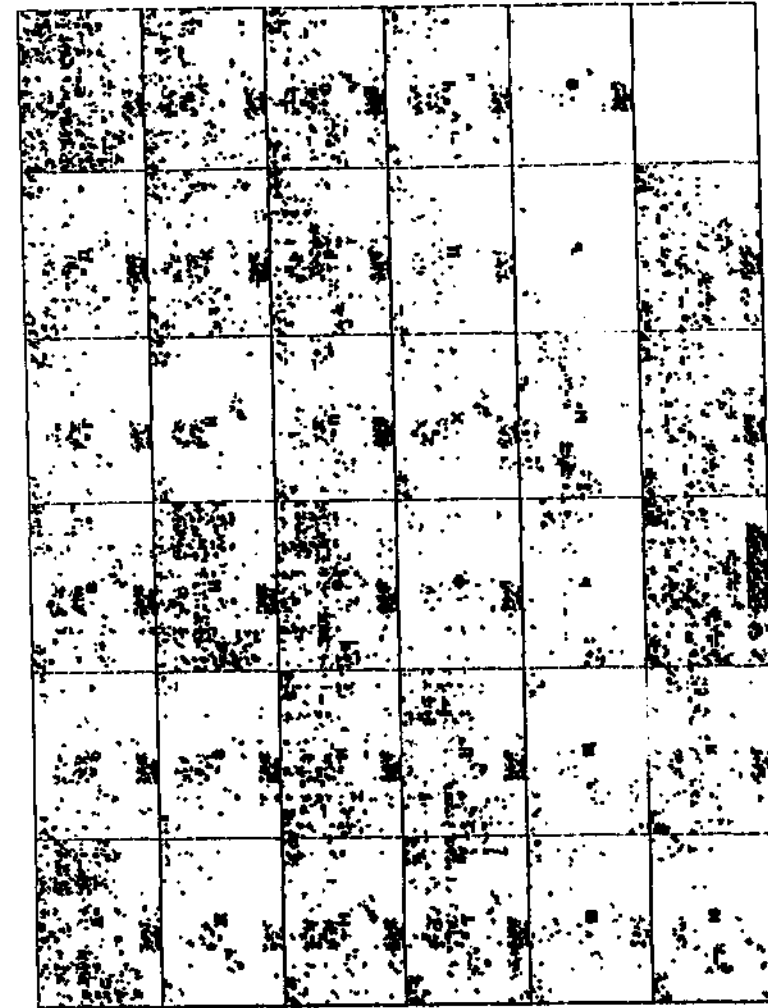


Рис. 5. CGR-представление Текста 1 (Стивенс А. Техника программирования на Турбо Си.) в русском алфавите. Глобальная фрактальная размерность $D_1 = 0.71$.

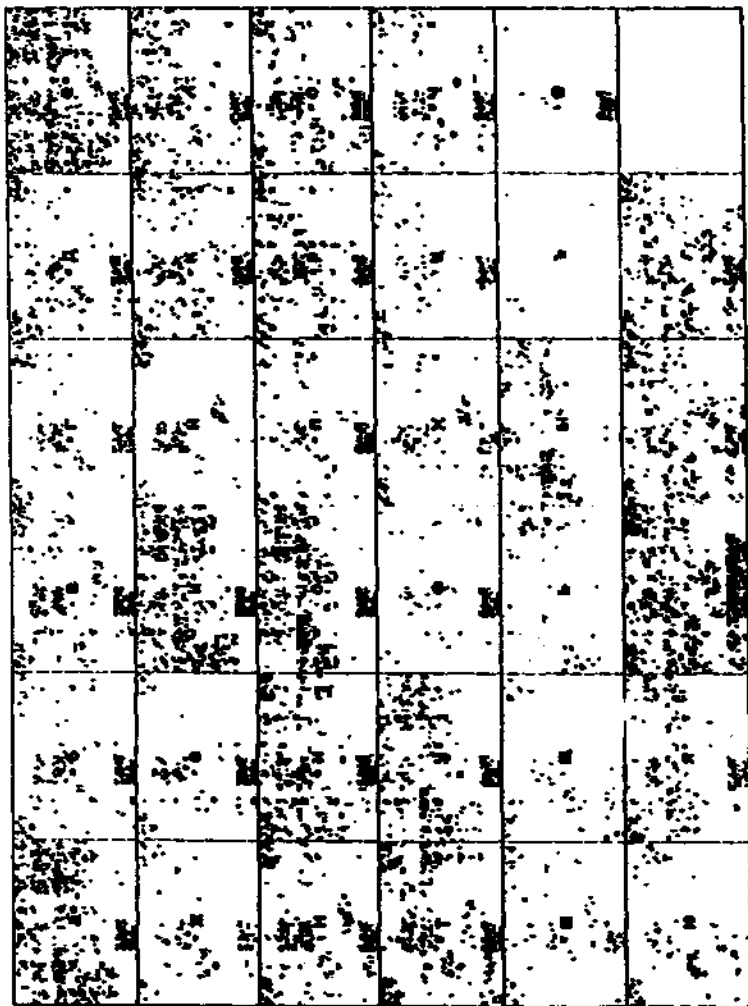


Рис. 6. SGR-представление Текста 2 (Шлодт Г. Си для про фессионалов.) в русском алфавите. Глобальная фрактальная размерность $D_2 = 0,73$.



Рис. 7. SGR-представление Текста 3 (Гарзаев П. Волновой геном.) в русском алфавите. Глобальная фрактальная размерность $D_2 = 0,87$.

кода. Многие из остальных единиц и уровней знаковой организации ДНК до сих пор не изучены. Биологии предстоит пройти еще большой путь, прежде чем картина смысловой структуры генетического аппарата станет относительно ясной (поэтому нам непонятен излишний оптимизм, проявляемый, например, в работе [13], при семиотическом анализе ДНК и сведении ее смысловых рядов исключительно к «словам» триплетов (кодонов) хромосомной ДНК). Однако, уже сейчас предлагаемая нами методология позволяет сопоставлять различные естественные последовательности ДНК и РНК с оценкой меры их сходства и различия, а также степени относительной сложности их знаковой структуры [10]. Эта же идеология применима, вероятно, и к анализу человеческой речи.

6. Если мы правы в своих логических построениях и располагаем доказательными экспериментальными данными, то открываются новые стратегические мотивы в понимании мышления и сознания через его отображения в знаковых (смысловых) рядах на разных уровнях организации Живой материи — на уровне человеческой речи (высшая форма сознания) и «речи» генетических молекул (выражающей квазисознание генома). Это чрезвычайно важное обстоятельство, которое еще раз наводит на мысль о возможном родстве знаковых структур ДНК и речевых образований. В какой-то мере мы подтвердили указанное положение, показав присутствие фракталей в ДНК и человеческой речи. Это адекватно широко дискутируемой идее, что глубинные семиотические структуры, составляющие основу языка, передаются по наследству от поколения к поколению, обеспечивая каждому индивиду основу овладения языком своих предков, и что суть человеческого языка инвариантна для всех людей, в частности по причине, существования праязыка [9, 7].

Основываясь на работах по лингвистической генетике [9], мы полагаем, что эта инвариантность распространяется глубже, достигая макромолекулярных смысловых («речевых») структур хромосом. И этому есть некоторые наши экспериментальные подтверждения [6], выводящие на существенно иные методологические подходы мягкого регуляторного вхождения в неизвестные ранее семиотические ареалы генетического аппарата высших биосистем.

Открывшийся новый информационный канал, соединяющий Слово и Геном, требует нравственно и этически взвешенного подхода, поскольку манипуляции такого рода с аппаратом наследственности непредсказуемы по своим потенциальным отрицательным последствиям. Если данные, полученные в работе [6], будут подтверждены в незави-

симых исследованиях, необходима система жестко определенных запретов, подобная уже существующей в генетической инженерии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агальцов А. М., Гаряев П. П., Горелик В. С., Щеглов В. А., 1993, «Спектры нелинейно возбуждаемой люминесценции в нуклеозид-трифосфатах». Квантовая электроника, т. 20, № 4, с. 371-373.
2. Гаряев П. П., Васильев А. А., Березин А. А., 1991, 1992, «Геном как голографический компьютер». Гипотеза. Независ. науч. журн. № 1, № 1, 24-43; 49-64.
3. Гаряев П. П., Горелик В. С., Моисеенко В. Н., Попонин В. П., Чудин В. И., Щеглов В. А., 1992, «Комбинационное рассеяние света на решеточных модах нуклеозид-трифосфатов». Краткие сообщения по физике. Физический Инст. РАН, № 1-2, 33-36. Москва.
4. Гаряев П. П., Григорьев К. В., Васильев А. А., Попонин В. П., Щеглов В. А., 1992, «Исследование флуктуационной динамики растворов ДНК методом лазерной корреляционной спектроскопии». Краткие сообщения по физике. Физический Институт РАН, № 11-12, 63-69. Москва.
5. Гаряев П. П., 1993, «Волновой геном» (моногр.). 300с. Деп. в ВИНТИ 15.12.1993г., N 3092-V93.
6. Гаряев П. П., Внучкова В. А., Шелепина Г. А., Комиссаров Г. Г., 1994, «Вербально-семантические модуляции резонансов Ферми-Паста-Улама как методология вхождения в командно-образный строй генома». Журнал Русской Физической Мысли., 1994, № 1-4, 17-28.
7. Гриневич Г. С., 1993, «Праславянская письменность. Результаты дешифровки». М. Изд. Общественная польза. 323 с.// Энциклопедия Русской Мысли. Т. 1.
8. Королев С. Е., Соловьев В. В., Туманян В. Г., 1992, «Новый метод глобального поиска функциональных участков ДНК с использованием фрактального представления нуклеотидных текстов». Биофизика, т. 37, вып. 5, 837-847.
9. Маковский М. М., 1992, «Лингвистическая генетика». М. Наука. 189 с.
10. Петров Н. Б., Маслов М. Ю., Гаряев П. П., 1994, «Эволюционный анализ 18S рибосомальных РНК-текстов», (рукопись)
11. Поликарпов А. А., 1979, «Элементы теоретической социолингвистики». М. Изд-во Моск. Гос. Ун-та.
12. Поликарпов А. А., 1994, «Закономерности жизненного цикла слова и эволюции языка». Русский филологический вестник. М. Московский лицей, № 1.
13. Ратнер В. А., 1993, «Концепция молекулярно-генетических систем управления». Новосибирск. 118 с.
14. Соловьев В. В., Королев С. Е., Туманян В. Г., Лим Х. А., 1991, «Новый подход к классификации участков ДНК, основанный на фрактальном представлении набора функционально сходных последовательностей». ДАН, т. 319, № 25, 1496-1500.
15. Трубников Б. А., Румынский И. А., 1991, «Простейший вывод закона Ципфа-Крылова для слов и возможность его «эволюционной интерпретации», ДАН СССР, сер. мат., т. 321, № 2, 270-275.
16. Трубников Б. А., Гаряев П. П., 1993, «Семиотика ДНК». Российский научный центр «Курчатовский институт». Препринт ИАЭ-5690/1. 27 с.
17. Федер Е., 1991, «Фракталы». М. 240 с.
18. Хесин Р. Б., 1984, «Непостоянство генома», Наука. 472 с.
19. Шипов Г. И., 1993, «Теория физического вакуума. Новая парадигма». М. НТ-Центр. 362 с.

20. Эйген М., Шустер П., 1982, «Гиперциклы. Принципы самоорганизации молекул». М. Мир. 180 с.
21. Berthelsen C. L., Glazier J. L., Skolnik M. H., 1992, «Global fractal dimension of human DNA sequences treated as pseudorandom walks». *Phys. Rev. A*, Vol. 45, N 12, 8902-8913.
22. Gariaev P. P., Chudin V. I., Komissarov G. G., Berezin A. A., Vasiliev A.A., 1991, «Holographic memory of biological systems». *Proc. of the Internation. Soc. for Optic. Eng. Optical Memory and Neural Networks. USA.*, Vol. 1621, 280-291.
23. Jeffrey H., 1990, «Chaos game representation of gene structure». *Nucleic Acids Research*. Vol. 18, 2163-2170.
24. Katsikas A. A., Nikolis J. S., 1990, «Chaotic Dynamics of Generating Markov Partitions and Linguistic Sequences Mimicking Zipfs Law». *Nuovo cimento D*, Vol. 12, N 2, 177-195.
25. Lukashin A. V., Anspelevich B. G., Amirikyan B. R., Gragerov A.I., Frank-Kamenetsky M.D., 1989, «Neural Networks Models for Promoter Recognition». *J. Biomol. Struct. and Dyn.*, Vol. 6, N 6, 1123-1133.
26. Polikarpov A. A., 1993, «On the Model of Word life Cycle». *Contributions to Quantitative Linguistics*. - Dordrecht: Kluwer.
27. Shcherbak V. I., 1988, «The Co-operative Symmetry of the Genetic Code». *J. Theor. Biol.*, Vol. 132, 121-124.
28. Tseng H., Green H., 1989, «The Involucrin Gene of the Owl Monkey: Origin of the Early Region». *Mol. Biol. and Evol.*, Vol. 6, 460-468.

9. «ЗАПИСЬ» ИК-ЛАЗЕРНОГО СИГНАЛА НА ДНК

Общая посылка предлагаемой версии работы генома заключается в том, что он генерирует знаковые волновые структуры и он же способен их распознавать; и не только распознавать, но и запоминать. Одной из форм полевых коммуникаций в пределах одного генома отдельно взятой биосистемы или между геномами таксономически близких организмов могут выступать лазерные поля хромосом (см. предыдущие главы). В связи с этим необходима прямая экспериментальная проверка способности ДНК к запоминанию лазерного сигнала в пределах тех длин волн, которые предполагаются теориями Фрелиха, Поппа, Давыдова, как используемые биосистемами в качестве эндогенных информационных посредников.

Мы поставили несколько серий экспериментов для того, чтобы попытаться ввести искусственный сигнал, хотя бы в форме шума, в ДНК *in vitro* и заставить ДНК «запомнить» сигнал на уровне ее акустики.

Для введения такого рода сигнала в нелинейно-динамический континуум геля ДНК мы использовали импульсный режим работы ИК лазера Ga-As с длиной волны 890 нм, частотой повторения импульсов 600 Гц со средней мощностью (min -0,8), (max -3,1) Вт и с временем однократной экспозиции 4 сек.

Регистрацию воздействий лазера и подготовку образцов ДНК из эритроцитов кур вели аналогично описанному в гл. 1, ч. 2 методом спектроскопии корреляции фотонов на спектрометре «MALVERN». Излучение направляли в открытую часть кюветы с ДНК на расстоянии 10 см.

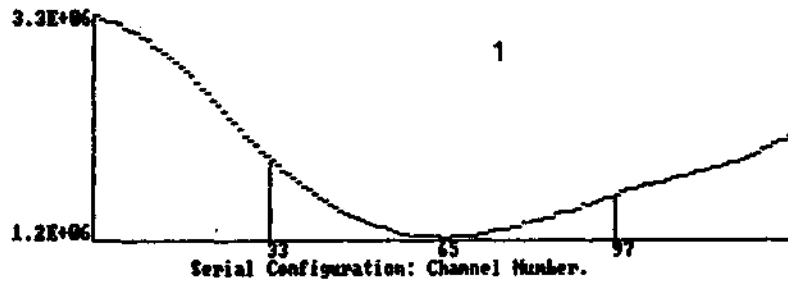
Как видим на графиках автокорреляционных функций (АКФ), такую «запись» удалось сделать. Контрольные АКФ (с 1-й по 4-ю) были записаны на больших временах дискретизации (100000 мксек/канал) без воздействия ИК-лазера. Функции гладкие и остаются таковыми неопределенно долго.

Затем ДНК облучали ИК полем лазера. АКФ с 5-й по 7-ю отобразили воздействие лазера в форме некоторой заметной стохастизации. Для более детального анализа результатов облучения ДНК время дискретизации было уменьшено до 2000 мкс/канал. С 8-й по 13-ю АКФ приняли прежний вид (сгладились) и поэтому сигнал ИК-лазера повторили. Вновь была зарегистрирована стохастизация АКФ (14-я, 15-я), которая прекратилась на 16-й АКФ. Далее, уже без дополнительных воздействий ИК-лазера, стохастизация АКФ, которую можно рассматривать как своего рода сигнал, стала периодически возвращаться (АКФ 17, 19, 21, 23, 26 и т. д.). Такие повторы АКФ допустимо трактовать как одну из форм явления возврата Ферми-Паста-Улама.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 14:55:35

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

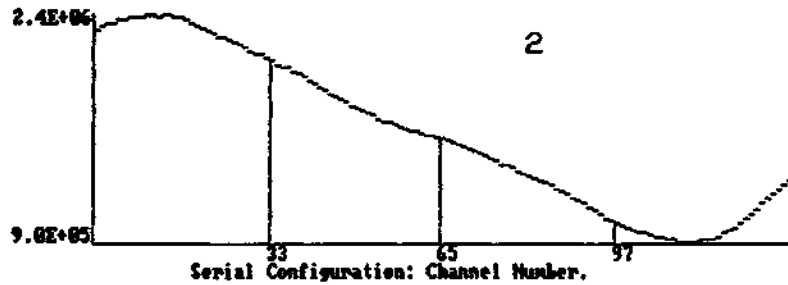
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 14:57:04

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

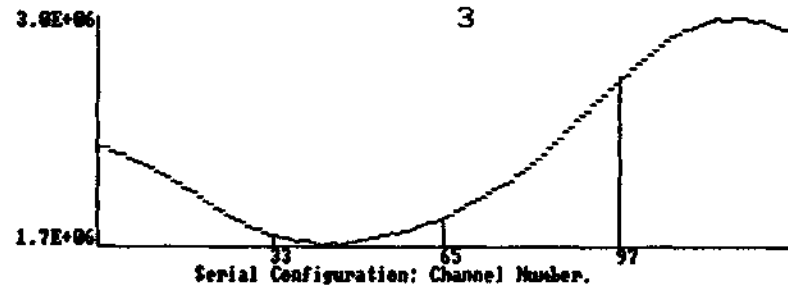
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 14:58:30

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

Auto-correlation

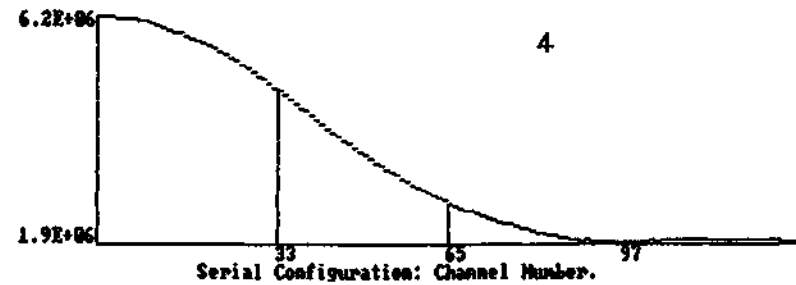


Title:-DNA soft gel

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:00:00

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

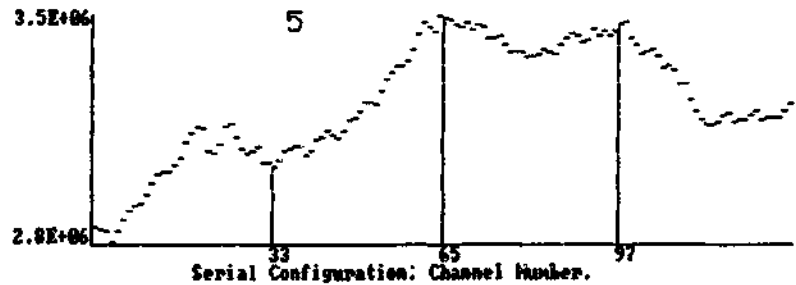
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:12:00

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

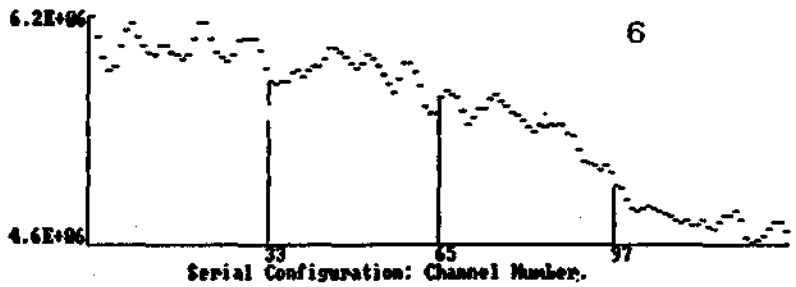
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:13:40

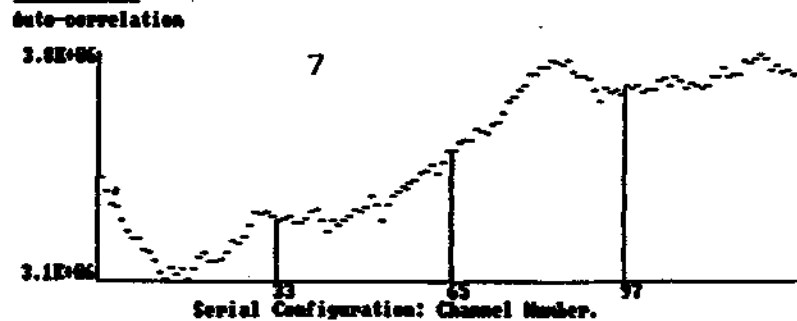
Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

Auto-correlation

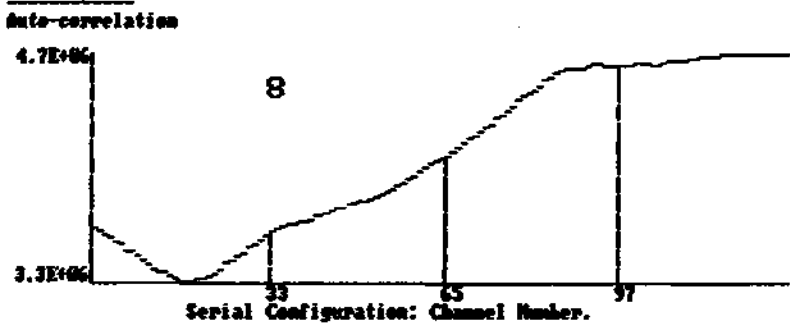


Title:-DNA s.g.

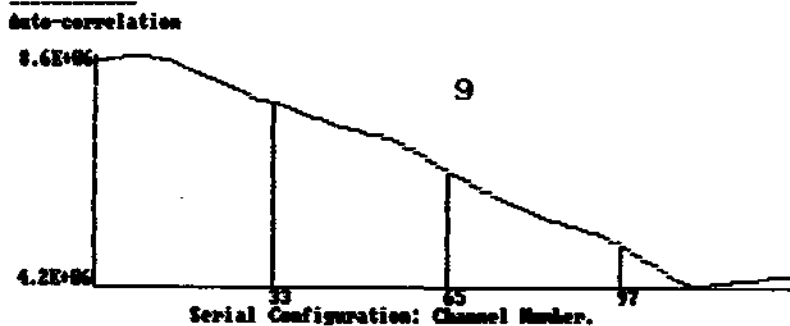
MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:15:09
Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:16:00
Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

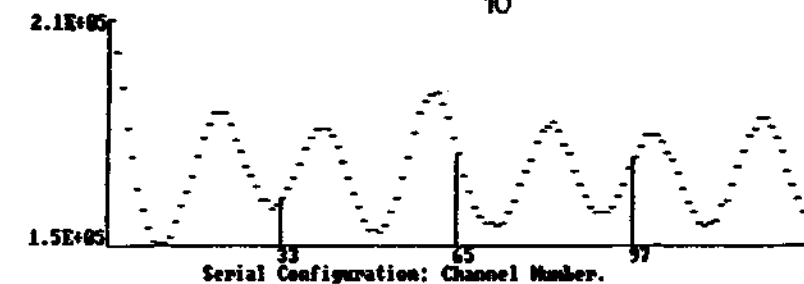


MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:18:12
Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 1.0E+05

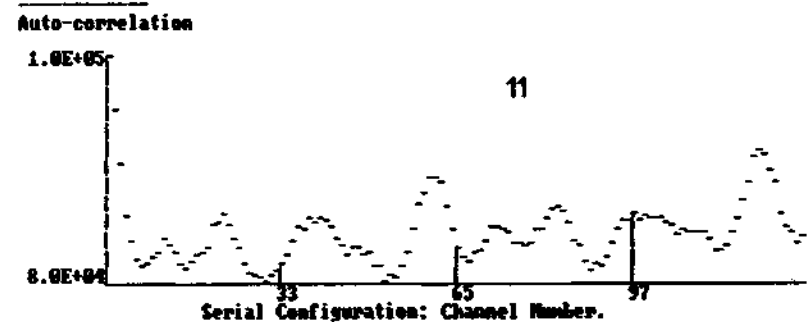


Title:-DMM s.g.

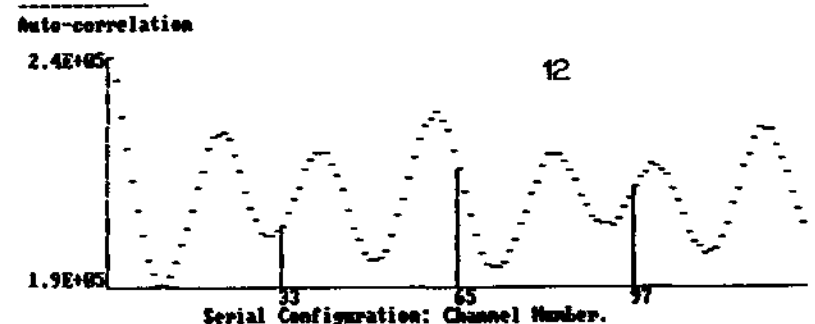
MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:54:00
Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:55:30
Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 15:57:16
Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

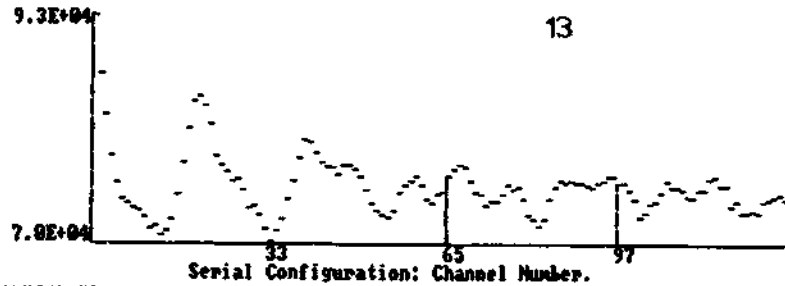


Title:-DMM s.g.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:10:00

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

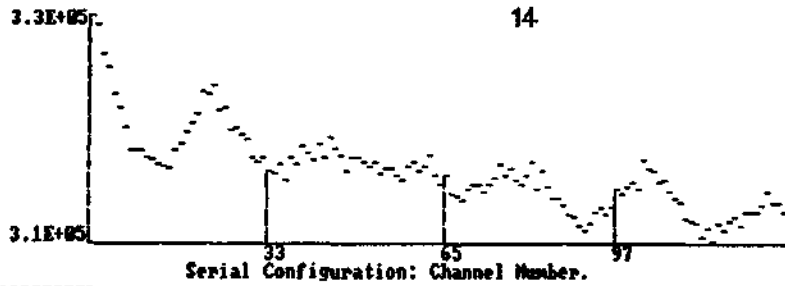
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:11:33

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

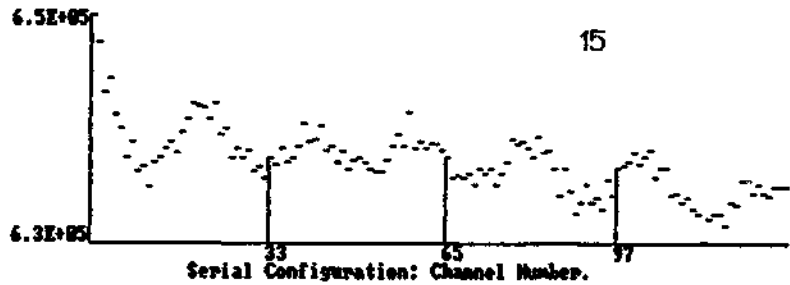
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:13:10

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

Auto-correlation

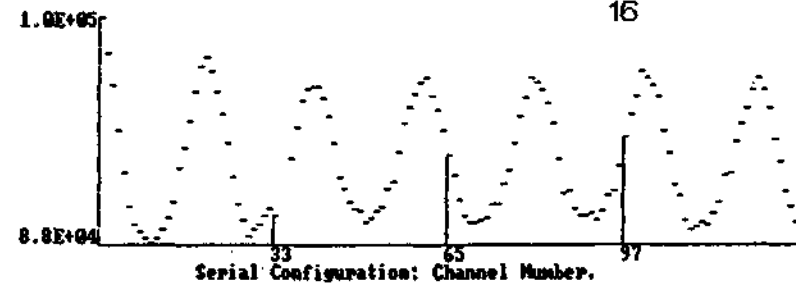


Title:-DMM s.g.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:19:04

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

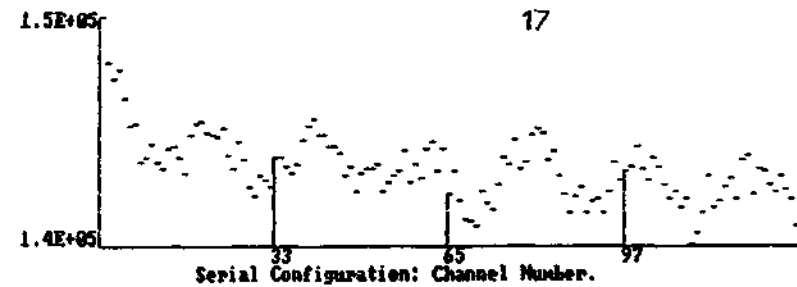
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:21:29

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

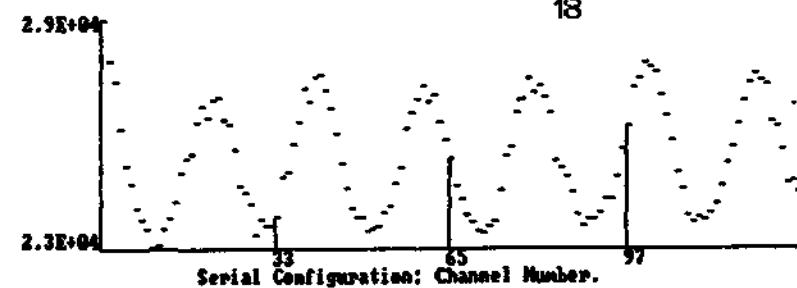
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:23:43

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

Auto-correlation

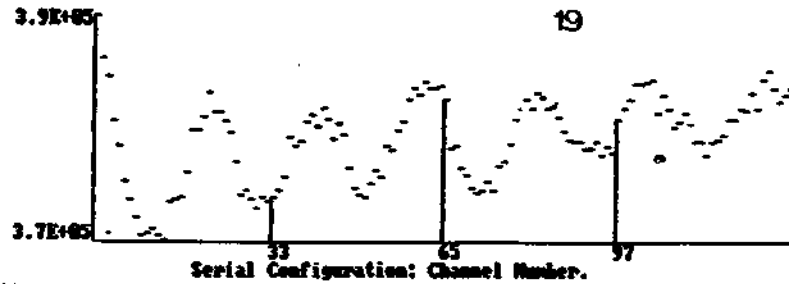


Title:-DMM s.g.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:15:04

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

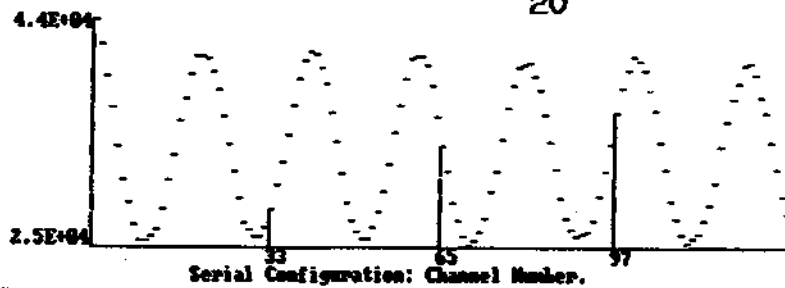
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:16:19

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

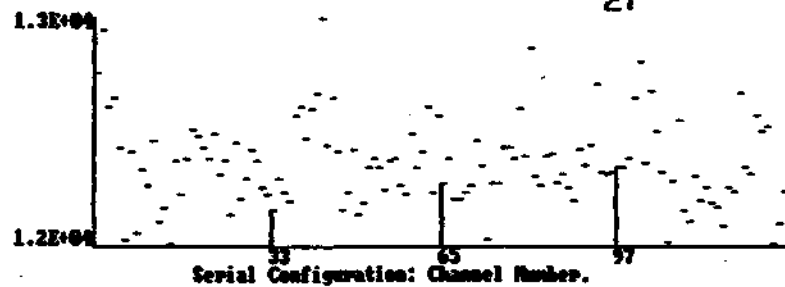
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 16:17:46

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

Auto-correlation

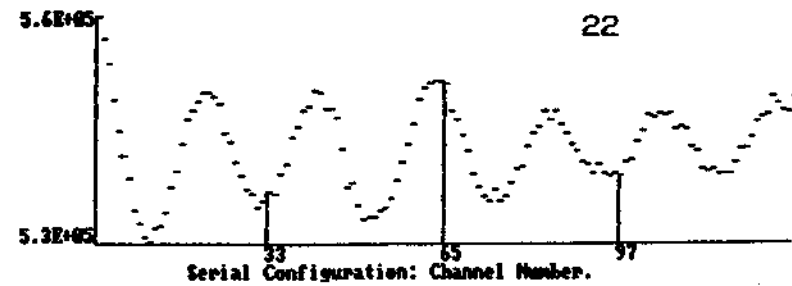


Title:-DMM s.g.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 17:19:07

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

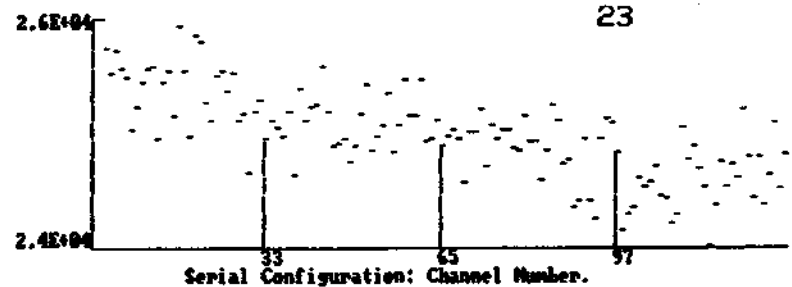
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 17:20:26

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

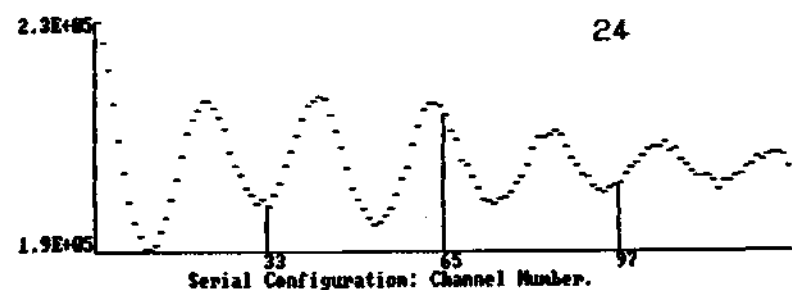
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 17:26:50

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μ S) = 2000.00

Auto-correlation

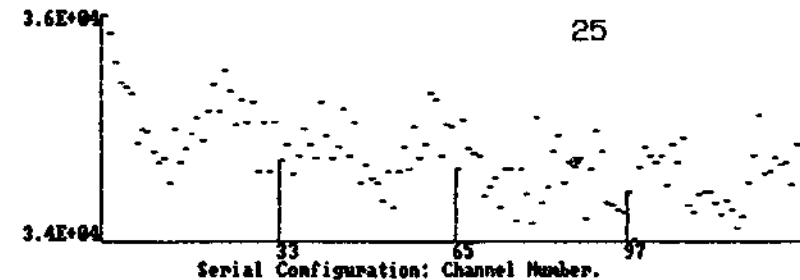


Title:-DMM s.g.

MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 17:31:31

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μs) = 2000.00

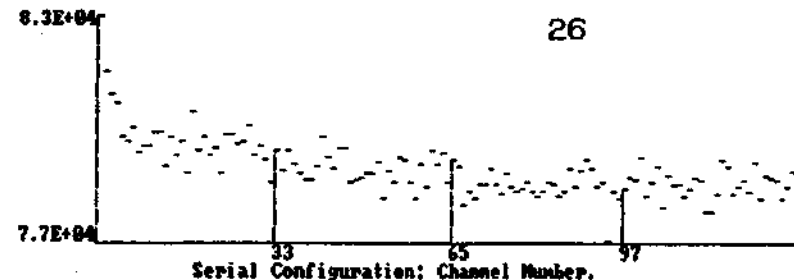
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 17:33:03

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μs) = 2000.00

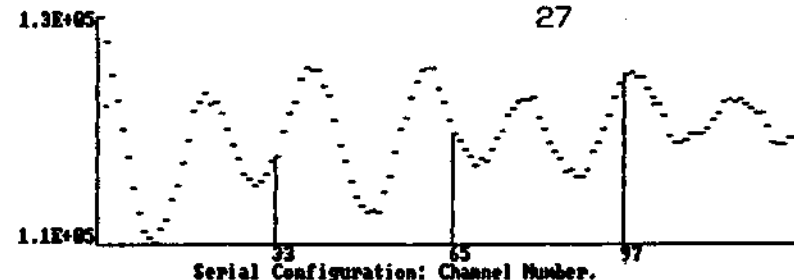
Auto-correlation



MALVERN <<< K7032 >>> Version 2.1 Date 09-10-1991 Time 17:34:20

Correlator 1 Fundamental Sample Time (μs) = 2000.00

Auto-correlation



Title:-DWA s.g.

Замораживание ДНК геля в течение недели не влияет на приобретенную память ИК-лазерного сигнала. После размораживания, периодическая стохастизация АКФ данного препарата сохраняется.

Надо отметить, что понимание АКФ в данном временном режиме как стохастических — условно; тонкая структура сигнала ИК-лазера может лежать за пределами разрешающей способности метода.

Таким образом, используя явление возврата ФПУ как феномен универсальной памяти нелинейных систем, удалось впервые осуществить запись внешнего искусственного импульсного ИК-лазерного воздействия на нелинейной динамике ДНК, что может служить простейшей реалистической моделью эпигено-волновых процессов *in vivo*, основой для создания ячеек памяти на жидких кристаллах ДНК как элементов искусственного биокомпьютера.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
-------------	---

Часть 1. БИОМОРФОГЕНЕЗ И ЕГО МОДЕЛИ.

1. Матрично-ядерные отношения.	5
2. Изо- и гомоморфизм отношений ВКМ и ядра клетки.	27
3. Вклад эндогенных физических полей в биоморфогенез. Качественный анализ.	43
4. Вклад эндогенных физических полей в биоморфогенез. Количественный анализ	62
5. Математическое моделирование волновых процессов в ДНК	99

Часть 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.

1. Лазерная спектроскопия ДНК. Развитие метода	124
2. Реализация метода оптического смещения	132
3. Последствие ДНК.	160
4. Новый тип памяти ДНК?	166
5. Фантомный листовый эффект.	200
6. Резонансы Ферми-Паста-Улама в дальних морфо-генетических взаимодействиях биосистем.	211
7. Вербально-семантические модуляции резонансов Ферми-Паста-Улама как методология вхождения в командно-образный строй генома	238
8. Экспериментально-теоретические дополнения по ФПУ-вербальным переносам супергенетических сигналов.	249
9. «Запись» лазерного сигнала на ДНК.	269

ЭНЦИКЛОПЕДИЯ РУССКОЙ МЫСЛИ ТОМ 5

Петр Петрович Гаряев

ВОЛНОВОЙ ГЕНОМ

Издательство Русского Физического Общества «Общественная польза»
141002, Моск. обл., г. Мытищи, ул. Б. Шариповская, 3.

Заказ № Д87

Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 17,5. Тираж 1000 экз. Цена свободная.

АО „Чертановская типография”
113545, Москва, Варшавское шоссе, 129а.