

В. П. КАЗНАЧЕЕВ, П. Г. КУЗНЕЦОВ,
М. С. НАБИУЛИН, М. Я. СУББОТИН
(Новосибирск)

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ КВАНТОВОЙ БИОЛОГИИ И ВОПРОСЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Приведены теоретические предпосылки возможной передачи информации в биологических системах с помощью квантовых потоков. С помощью счетчика фотонов зарегистрировано сверхслабое свечение крови и нерва. Показано влияние одной тканевой культуры на рост другой через кварцевое стекло. Указаны возможные пути использования механизма квантовой информации в технических устройствах.

Бурное развитие квантовой радиофизики создало предпосылки для углубленного изучения и понимания кинетики химических реакций и значительного прогресса в области теоретической и практической химии. Новейшие высокочувствительные методы изучения природы физических и химических процессов получают все более широкое применение при исследовании процессов, протекающих в биологических системах. Современные методы дают возможность объективного изучения природы биологических процессов на различных уровнях. Применение методов рентгеноструктурного анализа и электронной микроскопии позволило вести исследование клетки на молекулярном уровне и существенно изменило наши представления о морфологии и физиологии клетки, расширило наши знания о строении отдельных элементов клетки вплоть до молекулярных структур [1]. Создание приборов, работающих в режиме счетчика фотонов, открыло новые перспективы в изучении миграции квантов энергии в биологических системах [2], наличие которых до этого в значительной степени лишь теоретически предполагалось биологами первой половины XX века [3, 4].

Факт существования квантовых потоков* в живых системах в настоящее время не вызывает сомнений [5—17]. Начинает выясняться природа некоторых процессов, генерирующих эти потоки [18—22]. Таким образом, мы являемся свидетелями зарождения нового направления в исследовании биологических процессов, которое получило название квантовой биологии.

Под квантовой биологией следует понимать новое направление, целью которого является изучение биологических процессов на уровне квантов. Границы указанного направления еще не определились достаточно четко, и в русло этого направления входит весьма широкий круг

* Под квантовым потоком авторы понимают миграцию квантов энергии по молекулярным структурам биологических систем.

биологических явлений. Некоторые из них имеют довольно богатую историю. К ним следует отнести проблемы фотосинтеза — изучения механизмов миграции квантов энергии и превращения энергии света в химическую энергию. Это направление, основы которого были заложены в то время, когда возникло представление о возникновении органических соединений, их асимметрических особенностях еще в добиологическую эпоху было связано со специфическим действием квантов солнечной радиации и квантов излучения, возникающих вследствие химических реакций. Е. И. Клабуновский [23], обобщивший большой экспериментальный материал, с достаточным основанием связывает возникновение асимметрии органического мира с асимметризирующим излучением.

С развитием органических соединений и появлением биологических структур функциональное значение квантовых потоков усложняется. Можно полагать, что, во-первых, с появлением ферментативных процессов квантовые потоки приобретают весьма специфичную спектральную характеристику и определенную пространственную ориентацию, во-вторых, с усложнением саморегулирующихся биологических систем первостепенное значение приобретают новые химические механизмы передачи и хранения информации. Мы полагаем, что передача информации и ее хранение в биологических системах осуществляются комплексно. Специфический акт передачи информации имеет квантовый характер. Хранение этой информации и передача ее могут осуществляться биохимическими соединениями. Таким образом, в биологической системе получили единство молекулярные и субмолекулярные квантовые явления.

В свете сказанного нуклеиновые соединения (ДНК и РНК) следует рассматривать как своеобразные биохимические агрегаты, в структуре которых записана информация всей специфики и последовательности биологических процессов. В перспективе, вероятно, удастся расшифровать квантовую спектральную характеристику нуклеиновых соединений и использовать этот метод записи и хранения информации в технических устройствах. Важно заметить, что одной из задач квантовой биологии, по-видимому, должно являться изучение механизмов получения информации из внешней среды (физические, химические и другие факторы) и интимных процессов кодирования различных раздражителей среды очень разнообразной природы на квантовом уровне.

Таким образом, эта проблема включает:

1. Механизмы кодирования различных факторов среды в квантовые потоки и запись этой информации в химических структурах.
2. Механизмы извлечения записанной квантовой информации из химических структур и использования этой информации в ферментативно-синтетических процессах.

Все изложенное позволяет считать, что развитие квантовой биологии должно идти в трех основных направлениях: дальнейшее изучение процессов фотосинтеза, выяснение значимости квантовых механизмов в ферментативных процессах, исследование квантовых потоков как носителей биологической информации и механизмов их кодирования.

Ниже мы остановимся на третьей группе проблем квантовой биологии. Вопрос об информационной значимости квантовых потоков в

биологических системах в современной литературе поднят сравнительно недавно. Между тем в биологических исследованиях, которые были далеки от проблем передачи и хранения информации, указания на возможную биологическую роль квантовых потоков появились еще в первой четверти XX века. Первым среди биологов, указавших на такого рода факты, был А. Г. Гурвич, который в 1923 г. описал митогенетический эффект. Все свои исследования Гурвич и его последователи осуществляли методом биологической детекции, так как в то время регистрация сверхслабого свечения биологических объектов с помощью физических методов была недоступна. Работы А. Г. Гурвича и его далекие идущие биологические обобщения из-за отсутствия доказательств, которые можно было бы получить методом физического детектирования, встретили значительный скепсис среди физиков того времени и были почти забыты. Лишь в послевоенный период начинают появляться отдельные исследования, в которых описываются квантовые эффекты в биологических объектах, зарегистрированные с помощью физических приборов. В настоящее время факт существования квантовых потоков в биологических системах следует считать доказанным. Интенсивно изучается природа квантовых излучений в различных областях спектра (ультрафиолетовые, видимые, инфракрасные лучи).

Большинство авторов считают, что квантовые потоки могут быть использованы как очень удобный индикатор для изучения природы обменных биологических реакций. Эти потоки расцениваются как побочные явления химических процессов, протекающих в биологических системах. Так, В. Макэлрой и Г. Селиджер [24] полагают, что «биолуминесценция представляет собой рудиментарное явление в процессе эволюции и что в настоящее время оно не дает организму никакого преимущества в процессе отбора, поскольку это касается первичного процесса возбуждения». Роль квантовых потоков в осуществлении химических реакций в живых организмах, по нашему мнению, недооценивается. Об информационном значении квантовых потоков имеются лишь некоторые предположения без каких-либо фактических данных.

По мнению З. Н. Винера [25], «...активный носитель специфики молекулы лежит, возможно, в частотном строении ее молекулярного излучения, значительная часть которого, возможно, располагается в области инфракрасных электромагнитных частот или даже ниже». С. Н. Брайнес [26], исходя из обстоятельных теоретических посылок, считает, что «элементарные акты передачи и обработки информации должны быть основаны на обмене энергией между специфическими молекулярными комплексами. Этот обмен между взаимодействующими молекулами может происходить через посредство электромагнитного поля». Хотя эти соображения и не подкреплены фактическим материалом, можно полагать, что в процессе эволюции биологических систем именно квантовые потоки являются главной формой передачи и хранения информации, без которой возникновение и развитие жизни было бы невозможно.

Становится понятным высказывание З. Н. Винера о необходимости спектрального исследования излучения, сопровождающего синтез ДНК и РНК. Ранее мы указывали на то, что в соответствии с частотами квантов лишь митогенетического излучения 10^{15} гц имеется возможность приписать каждой химической реакции кодовое обозначение, равное номеру частоты химилуминесценции. Число различных химических реакций окажется равным 10^{15} , т. е. полученный результат на 7 порядков выше числа известных химических реакций. Следовательно, селективное кодирование химических реакций с помощью квантов по

частоте допускает необходимое разнообразие химических процессов в явлениях метаболизма. Кванты митогенетического излучения представляют собой весьма эффективную систему биологической связи. В пользу данного предположения говорит также малый уровень помех за счет теплового излучения (вероятность помех около 10^{-60}). Более того, как на это указывает З. Н. Винер, при передаче информации квантами излучения осуществляется весьма эффективная передача сведений при крайне умеренной затрате энергии.

Сопоставление данных физики, химии и теории информации с экспериментами по митогенетическому излучению показывает:

а) возможность существования весьма эффективной системы передачи информации в биологических системах (как в клетках, так и в тканях) со скоростью передачи информации около 10^{20} бит/сек на ватт расходуемой энергии [27, 28];

б) возможность кодирования этой информации в химических соединениях различной степени сложности (от элементарных реакций до кодирования генетической информации в нуклеотидах);

в) возможность эффективного преобразования этой информации (за счет сдвига фотохимических равновесий) в электрические сигналы [29].

Мы считаем небезынтересным привести здесь результаты некоторых наших исследований по выяснению природы квантовых потоков в биологических системах и их возможного информационного значения.

Была предпринята (В. П. Казначеев, В. В. Артемьев, Л. Н. Гуськов, А. С. Голдобин, В. В. Каменская, Л. А. Куликова) попытка с помощью счетчика фотонов, улавливающего световое излучение в диапазоне 3000—8000 Å, изучить кровь практически здоровых людей. Во всех исследованных образцах крови было зарегистрировано свечение в указанном выше диапазоне. При этом было установлено, что интенсивность свечения во времени изменялась. Через 12—15 мин после взятия крови интенсивность свечения усиливалась, затем ослабевала, и через 33—40 мин наблюдалась новая вспышка излучения, которая позднее падала ниже порога чувствительности квантометра.

Приведенные данные свидетельствуют о наличии сверхслабого излучения крови и изменении его во времени. Представляло значительный интерес выяснить спектральные особенности этого излучения. Такой анализ был проведен (В. П. Казначеев, Л. А. Куликова, Ю. А. Стариков) на квантометре, снабженном приспособлением, позволяющим помещать между объектом и фотокатодом ФЭУ-13 интерференционные светофильтры с узкими полосами пропускания. Анализ результатов измерений, произведенных для всех образцов в совершенно идентичных условиях со светофильтрами ($\lambda = 383, 460, 512, 537, 587, 628$ и 767 мμ), показал, что спектральная характеристика свечения не одинакова для первой и второй вспышки. Первый максимум излучения зарегистрирован лишь в области 460-512 мμ, в то время как второй пик был получен в гораздо более широком диапазоне при использовании всех упомянутых фильтров, за исключением одного, полоса пропускания которого соответствует 767 мμ.

Подобная кривая с двумя максимумами, вероятно, характерна не только для крови, но и для других тканей организма. Регистрация оптического излучения нерва (В. В. Артемьев, А. С. Голдобин, Л. Н. Гуськов, А. И. Зенин, В. П. Казначеев) подтверждает это предположение. Излучение было записано с помощью квантометра, спектральная чувствительность которого — 2500—7000 Å. В качестве объекта был взят седалищный нерв лягушки (нервно-мышечный препарат), излучение которо-

го стимулировалось электрическими импульсами, подаваемыми на мышцу препарата. В результате была получена двухволновая кривая, в которой первый максимум отмечался на 10-й мин, а второй, более высокий, — на 25—30-й.

Весьма любопытно, что интенсивность сверхслабого свечения крови закономерно меняется в зависимости от физиологических особенностей организма, а также при различных патологических состояниях. В результате работы, выполненной на радиоактивном курорте Белокуриха (В. П. Казначеев, Л. А. Куликова, А. С. Голдобин, Е. Ф. Чернявский), выявлены возрастные и половые особенности свечения крови. Так, у мужчин интенсивность первого максимума выше второго, а у женщин — наоборот. Обнаружено также, что интенсивность светового потока значительно уменьшается при заболеваниях воспалительного характера, в то время как при заболеваниях невоспалительного характера свечение крови почти не меняется.

Таким образом, кровь является постоянным источником светового потока, который удается объективно зарегистрировать лишь при определенных физико-химических состояниях. Первый пик (относительно узкий по спектральной характеристике) возникает, вероятно, в момент развития определенных ферментативных превращений. Второй пик мы рассматриваем как деградационный. Не исключена возможность, что циркулирующая в сосудах кровь при воздействии патологических факторов становится источником квантовых потоков, которые могут восприниматься клеточными структурами как сигналы, соответствующие компенсаторно-защитным изменениям. На это указывают изменения спектральной характеристики крови больных.

Особый интерес имеют данные, касающиеся влияния излучения одних клеточных элементов на другие. Такое влияние (применительно к растительным клеткам) впервые было показано в классических работах А. Г. Гурвича. Из других работ в этом направлении упомянем исследование А. В. Аникина [30], который показал роль ориентированных лучей, генерируемых глазным бокалом, в образовании хрусталика; автор установил это по интенсивности деления клеток и ориентации их ядер и полагал, что излучение, действующее на эктодерму, не специфично. С этой точки зрения, представлялось заманчивым изучить влияние клеточного излучения с помощью гистохимических методов, улавливающих очень тонкие сдвиги ферментативных процессов в тканях. Такое исследование [27] было проведено в опытах с выращиванием тканевой культуры фибробластов на противоположных поверхностях кварцевого покровного стекла. Эксперимент ставился таким образом, что на одной стороне стекла культура частично росла в условиях возможного влияния фибробластов, растущих на противоположной стороне, частично — вне такого влияния. Предварительные результаты этих опытов показали, что культура фибробластов оказывает на культуру противоположной стороны стекла влияние, выражающееся в изменении мукополисахаридов, т. е. субстанций, очень быстро реагирующих на изменение среды обитания. Поскольку это влияние по условиям опыта было возможно только через кварц, можно думать, что оно связано со световым потоком, излучаемым растущей культурой.

Если результаты первой серии экспериментов указывали на наличие квантовых потоков в биологических системах, то данные опыта на тканевых культурах подводят к предположению об информационной роли этих потоков. Если сложная полиферментативная реакция протекает с участием квантовых механизмов, то живую клетку, в которой одновременно осуществляются сотни тысяч ферментативных реакций, следует

рассматривать как постоянный источник электромагнитного поля, очень богатого и специфичного по спектральной характеристике.

Мы полагаем, что в процессе эволюции переход от одноклеточных организмов к многоклеточным в значительной мере зависел от возникновения прочных обратных связей. Если в случайных сочетаниях одноклеточных организмов при их сближении клетки попадали под взаимное влияние своих фотонных полей, то в отдельных случаях определенные квантовые потоки одной клетки становились сигналом, включающим или ускоряющим обменные ферментативные процессы соседней клетки. Последняя, в свою очередь, меняла характеристику своего фотонного поля, которая в порядке обратной связи стимулировала биохимические процессы первого партнера. Фотонная обоюдная связь делала такую пару более устойчивой и стабильной по отношению к факторам среды, а выживание таких организмов — более вероятным. В последующем подобные связи эволюционно усложнялись, создавая предпосылки для совершенствования многоклеточных организмов. Дальнейшее усложнение в организации с появлением гуморальных каналов связи и нервной системы характеризовалось соответствующим усложнением информационно-фотонных механизмов. Квантовые сигналы от клетки к клетке теперь передавались не только непосредственно (две соседние клетки), но и через системы циркулирующих жидкостей (лимфа, кровь) или по-прежнему контактно, но при высокой специализации клетки (нейрон).

Вероятно, что при чрезвычайном увеличении количества нервных клеток возможности квантовых механизмов взаимосвязи оказываются ограниченными и в процессе эволюции возникает дистантная форма передачи информации, не требующая морфологически-структурных каналов, за счет электромагнитных или других полей (так называемая биологическая радиосвязь). Мы склонны присоединиться к высказыванию А. С. Пресмана о том, что «наличие такой «биологической радиосвязи» представляется вероятным на всех уровнях функционирования живого организма — в управлении внутриклеточными процессами во взаимодействии клеток, органов и систем [31]».

Таким образом, в сложных организмах информационные механизмы носят самый разнообразный характер, причем в процессе эволюции шло их закономерное усложнение. В связи с этим нам представляется весьма перспективной оценка эволюции живых систем как совершенствование и усложнение принципов передачи информации. Можно допустить, что развитие и преобладание тех или иных каналов передачи информации шло у различных систематических групп животных в зависимости от экологических, биоценологических и биогеоценологических особенностей. Такой подход, основы которого заложены в трудах В. И. Вернадского [32], с нашей точки зрения, может оказаться весьма плодотворным для изучения информационной роли фотонных потоков и других механизмов передачи информации у различных групп животных.

Накопление фактического материала в указанных направлениях может существенно приблизить нас к возможности использования фотонных информационных механизмов в целях создания технических устройств (оптотроника).

Разработка вопроса об эволюции механизмов передачи информации с учетом экологических и биоценологических моментов позволит с большей долей вероятности предсказать, какие формы связи внутри живых систем между ними, а также между организмом и средой обитания преобладают в той или иной систематической группе животного мира. Очевидно, что успех в этом направлении может послужить основой для

рационального поиска объекта исследования при попытке использовать механизм передачи биологической информации при решении определенных технических задач.

Весьма заманчивой проблемой мы считаем использование нуклеиновых соединений в качестве объекта для записи фотонной информации, развертывание которой в соответствующих устройствах может быть идеальным источником управления химическими и другими процессами. Вероятно, что на первых этапах можно будет воспользоваться нуклеиновыми соединениями определенных организмов, биологические и биохимические свойства которых достаточно хорошо известны и целесообразно могут быть использованы в технических целях.

Не менее перспективно исследование механизма кодирования раздражителей внешней среды в квантовые потоки. Широко распространенное в живой природе свойство тонкого аналитического разложения физико-химических факторов внешней среды уже сейчас поставило перед исследователями задачу создания технических анализирующих устройств, сконструированных по принципу биологической системы. По этому вопросу существует большое количество работ, основывающихся на различных гипотезах и предположениях. Мы полагаем, что, несмотря на внешнее разнообразие анализаторов (восприятие света, запаха, вкуса и т. д.), в основе их тонких механизмов кодирования внешних факторов лежит единый принцип. Сущность этого принципа состоит в том, что биохимические структуры чувствительных клеток селективно улавливают или непосредственно квантовые потоки определенных частот (сетчатка), или в результате химического воздействия (прямого или косвенного) факторов внешней среды, вызывающего возникновение вторичного фотонного излучения, которое и является окончательным сигнализирующим агентом (обонятельный, вкусовой анализатор). Раскрытие указанного интимного механизма кодирования может послужить основой для различных анализирующих устройств.

Рассмотренный механизм передачи и хранения информации, основанный на использовании квантов энергии, приводит к мысли о возможности создания эффективных устройств оптической памяти. Оптическая запись информации на фотографических материалах в какой-то мере эквивалентна кодированию информации на молекулярных структурах. Записанная таким образом информация, вероятно, может быть найдена (или извлечена из памяти) с помощью фотонного механизма. В последнее время появились работы [33], которые позволяют надеяться, что подобные системы оптического хранения информации могут быть использованы для эффективного поиска информации (без перебора) и опознавания образов. Кроме того, этот принцип может быть применен для получения весьма интересной модели механизма памяти в биологических системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. М. Франк. Саморегуляция клеточных процессов.— В сб. «Биологические аспекты кибернетики». М., Изд-во АН СССР, 1962.
2. Н. Риль. Миграция энергии (новый вид передачи энергии в мертвой и живой материи). М.—Л., Гостехиздат, 1948.
3. Э. С. Бауэр. Теоретическая биология. Л., Изд-во ВИЭМ, 1935.
4. А. Гурвич и Л. Гурвич. Митогенетическое излучение. М., Медгиз, 1945.
5. В. А. Веселовский. Сверхслабая биолюминесценция корней проростков злаковых.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
6. В. А. Веселовский, Е. Н. Секамова, Б. Н. Тарусов. К вопросу о механизме сверхслабой спонтанной люминесценции организмов. Биофизика, 1963, т. VIII, вып. 1.

7. Р. А. Гасанов, Т. Г. Мамедов, Б. Н. Тарусов. Спонтанное и индуцированное сверхслабое свечение растительных организмов.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
8. С. И. Голуб. Люминесценция филофлоры.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
9. С. В. Конев, М. А. Катибников. Биолюминесценция корневой системы ячменя.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
10. А. А. Красновский. Химилюминесценция хлорофилла и фотосинтез.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
11. Г. А. Попов, Б. Н. Тарусов. О природе спонтанной люминесценции. Биофизика, 1963, т. VIII, № 3.
12. В. С. Пятенко. Катодное свечение нормальных и раковых клеток. Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
13. В. С. Пятенко, Б. Н. Тарусов. Катодное свечение нормальных и раковых клеток. Биофизика, 1964, т. IX, № 1.
14. Н. А. Троицкий, С. В. Конев, М. А. Катибников. Исследование УФ-химилюминесценции биологических систем. Биофизика, 1961, т. IV, вып. 2.
15. А. М. Фиш, П. М. Силанский, Р. И. Чумакова. Регистрация сверхслабого свечения биологического происхождения без охлаждения фотоумножителя.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
16. Р. И. Чумакова. О связи люминесценции светящихся батарей с метаболической активностью.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
17. А. Н. Теренин. Фотохимия красителей. М., Изд-во АН СССР, 1947.
18. Ю. А. Владимиров, Ф. Ф. Литвин. Исследование сверхслабых свечений в биологических системах. Биофизика, 1959, т. IV, вып. 5.
19. Ю. А. Владимиров, Ф. Ф. Литвин. О природе сверхслабых свечений и роли возбужденных состояний молекул в биологических системах.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
20. Б. Н. Тарусов. Сверхслабая химилюминесценция биологических систем.— Тезисы симпозиума «Биолюминесценция». М., 1963.
21. Б. Н. Тарусов, А. И. Поливода, А. И. Журавлев. Радиобиология, 1961, т. 1.
22. Б. Н. Тарусов, А. И. Поливода, А. И. Журавлев. Изучение сверхслабой спонтанной люминесценции животных клеток. Биофизика, 1961, т. VI, № 4.
23. Е. И. Клабуновский. О путях возникновения оптически активных органических соединений в природе. Успехи современной биологии, 1963, т. 55, № 3.
24. В. Макэлрой, Г. Селиджер. Происхождение и эволюция биолюминесценции.— Тр. 5-го Междунар. биохим. конгресса. Симпозиум III. «Эволюционная биохимия». М., Изд-во АН СССР, 1962.
25. З. Н. Винер. Новые главы кибернетики. М., 1963.
26. С. Н. Брайнс, А. И. Суслов. Информационные процессы в аспекте биокрибнетики. Экспериментальная хирургия и анестезиология, 1964, № 2.
27. В. П. Казначеев, П. Г. Кузнецов, М. Я. Субботин. Перспективы изучения биологической информации в системе соединительной ткани и в ее взаимоотношениях с другими тканевыми системами.— Труды симпозиума «Механизмы склеротических процессов и рубцевания». Новосибирск, Изд-во СО АН СССР, 1964.
28. Д. С. Лебедев, Л. Б. Левитин. Перенос информации электромагнитным полем.— В сб. «Теория передачи информации». М., Изд-во АН СССР, 1964.
29. П. Г. Кузнецов. Противоречие между первым и вторым законами термодинамики.— Изв. АН Эстонской ССР, серия физ.-мат. и техн. наук, 1959, № 3.
30. А. В. Аникин. Морфологическое обоснование индукции хрусталика глазной чашей.— Труды VI Всесоюзного съезда анатомов, гистологов и эмбриологов (8—14 июля 1958 г.). Харьков, 1961.
31. А. С. Пресман. Вопросы механизма биологического действия микроволн. Успехи современной биологии, 1963, т. 56, № 2(5).
32. В. И. Вернадский. Очерки геохимии. М., Гостехиздат, 1934.
33. Хирден. Новый оптический метод накопления и выборки информации. Зарубежная радиоэлектроника, 1963, № 10.

*Поступила в редакцию
13 января 1965 г.*