

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА АССОЦИАТООБРАЗОВАНИЕ В ВОДНЫХ РАСТВОРАХ

© 2019 г. С.В. Авакян, Л.А. Баранова*

Всероссийский научный центр «Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова»,
199034, Санкт-Петербург, Биржевая линия, 12

*Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, 194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 26

E-mail: avak@soi.spb.ru, l.baranova@mail.ioffe.ru

Поступила в редакцию 05.06.18 г.

После доработки 17.10.18 г.

Принята к публикации 18.10.18 г.

Представлены результаты исследований природы известных в современной биофизике особенностей в проявлении ассоциативных свойств водных растворов биологически активных веществ. Показано, что наблюдаемые при ассоциатообразовании явления могут быть связаны с влиянием потоков микроволн в первую очередь ионосферного происхождения. Использовано проведенное авторами ранее количественное квантовомеханическое рассмотрение физического механизма формирования в жидкой водной среде кластеров-ассоциатов с участием молекул воды, благодаря их большому сродству к протону. Сопоставление развиваемых представлений с экспериментами по электромагнитному экранированию биологических растворов различной степени разбавленности подтверждает реальность предложенного канала связи явлений в биологических средах с микроволновым излучением.

Ключевые слова: ридберговские состояния, микроволновое излучение ионосферы, магнитная буря, патологии сосудистых заболеваний, ревматоидный артрит.

DOI: 10.1134/S0006302919010022

Целью наших исследований было создание схемы модельных представлений для описания природы известных в современной биофизике особенностей в проявлении ассоциативных свойств водных биологически активных растворов, в том числе, в условиях искусственного магнитного экранирования (см. работу [1] и упомянутые в ней публикации). В задачу работы входило показать, что экспериментально наблюдаемые явления могут быть связаны с влиянием потоков микроволн, в первую очередь ионосферного происхождения, на структурирование таких ансамблей с участием молекул воды. В работе [1] определено, что «основную часть наноассоциатов в высокоразбавленных растворах составляют молекулы воды».

В последние годы в ВНЦ ГОИ развивается научное направление «супрамолекулярная физика надмолекулярных структур – физика за пределами молекулы, в эволюции которой в сложные формы (кластеры – ассоциаты) участвует электромагнитное излучение внешнего происхождения, поглощаемое ридберговски возбужденными составляющими молекулярного комплекса с увеличением его стабильности (за счет возрастания

величины орбитального момента ридберговского электрона)» [2,3]. При этом рассматриваются известные из физики электронно-молекулярных столкновений механизмы кластерообразования в процессах ассоциации и рекомбинации комплексов из молекул воды с участием электрона на высоковозбужденной (ридберговской) орбитали [2–4]. Такой электрон в процессе нейтрализации положительного (после присоединения протона) заряда кластерного иона способен поглощать квант электромагнитного, преимущественно микроволнового, излучения от внешнего источника естественного или антропогенного происхождения, при этом существенно возрастает и вероятность ассоциатообразования в жидкой среде, включая живой организм. Среди естественных источников ЭМИ – связанные с активностью Солнца солнечные микроволновые радиовсплески, спорадическое микроволновое излучение земной ионосферы в периоды солнечных коротковолновых вспышек и магнитных бурь и антропогенное радиоизлучение включающее, например, сотовую телефонию и системы позиционирования.

В новом термине мы используем аналогию с известной супрамолекулярной химией. «Супрамолекулярная химия – химия за пределами молекулы, описывающая сложные образования, которые являются результатом ассоциации двух (или более) частиц, связанных вместе межмолекулярными силами» ([5], с. 13). Это составляет предмет «молекулярной протоники», важность и основные характеристики которой могут оказаться сопоставимы с молекулярной электроникой. Перенос протонов и градиенты концентрации протонов имеют, согласно работе [5], фундаментальное значение в биоэнергетике, направляя транспортные процессы и синтез аденозинтрифосфата – поставщика химической энергии для биохимических и физиологических процессов. Далее будет показано, что нами в качестве главного элементарного процесса супрамолекулярной физики в живом организме рассматривается как раз перенос протонов, присутствующий в водной среде из-за высокого сродства молекулы H_2O к протонам. В супрамолекулярной физике основной «работающей» составляющей является атом водорода молекулы H_2O с электроном на высоковозбужденной (ридберговской) орбите. Такой электрон обеспечивает нейтрализацию положительного заряда кластерного иона, возникающего вследствие присоединения протона атома водорода из-за высокого к нему сродства.

Наиболее емким определением кластеров для нас представляется следующее ([7], с. 270): «...кластеры представляют собой сложные физико-химические структуры, открытые для обмена энергией и веществом с окружающей средой и находящиеся в сильно неравновесных условиях. Поэтому процессы формирования данных структур рассматриваются как процессы самоорганизации, в результате которых образуются устойчивые твердофазные структуры», а тем более – жидкие, хотя традиционно в этом случае термин «кластерообразование» заменяется на «ассоциатообразование».

Нами в рамках супрамолекулярной физики как раз рассматривается как обмен энергией в микроволновом диапазоне, так и обмен веществом – с участием молекул воды. Все квантовомеханическое описание осуществляется с использованием хорошо известных процессов физики электронно-молекулярных столкновений. Важно констатировать, что у привлекаемых процессов отсутствуют как энергетический порог соответствующих физико-химических реакций, так и помехи от вклада окружающего теплового фона (проблема «кТ» в электромагнитобиологии), поскольку в используемых реакциях происходит кулоновское взаимодействие

зарядов положительного кластерного иона и нейтрализующего ридберговского электрона, причем энергия ридберговских уровней большая – более ~ 10 эВ (близка к потенциалу ионизации). Наконец, отсутствует и квантово-механический запрет в переходах с поглощением кванта микроволн и соответствующим увеличением орбитального квантового момента электрона l : ($l \rightarrow l'$, где $l' = l + 1$), т.к. это чисто разрешенные электрические дипольные переходы.

РИДБЕРГОВСКИЕ СОСТОЯНИЯ И ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРИРОВАНИЯ С УЧАСТИЕМ МОЛЕКУЛ ВОДЫ

В связи с поставленными целью и задачей работы:

- представлены результаты наших исследований по определению потоков микроволнового излучения земной ионосферы, в том числе, в периоды солнечных вспышек и геомагнитных бурь;

- описан основной, привлекаемый из физики столкновений, механизм образования ассоциатов в жидкости, где в рамках супрамолекулярной физики впервые удалось найти взаимосвязь воды в организме и электромагнитного поля окружающей среды;

- приведены используемые исходные параметры для квантовомеханических оценок ассоциатообразования и полученные результаты;

- выполнены краткие экскурсы в биоэнергетику водных биорастворов и медицинскую биофизику с учетом микроволнового излучения, в том числе индуцированного под воздействием электромагнитного поля внешней волны при ее амплитудной модуляции крайне низкими частотами в ионосферных резонаторах Шумана и Альфвена.

Генерация микроволнового излучения земной ионосферы. Учет ридберговского возбуждения для объяснения механизмов эмиссионного микроволнового излучения в ионосфере был выполнен в работах [8–11]. При этом развивалась гипотеза о возможной роли ионосферного потока микроволн в физике солнечно-земных – погодно-климатических и биосферных связей, в частности, в периоды солнечных вспышек и магнитных бурь. Отметим, что сами потоки ионизирующих квантов и электронов полностью поглощаются в земной ионосфере и до тропосферы не доходят.

Для целей настоящего исследования важно выполненное нами в работах [9–11] рассмотрение электронного удара энергичными электро-

нами ионизации по атомно-молекулярным составляющим всех газов верхней атмосферы и их ионам, в результате которого происходит заселение высоковозбужденных (ридберговских) состояний с главными квантовыми числами $n \geq \sim 10$ с последующим спонтанным микроволновым излучением в ионосфере. Действительно, разрешенные электронные переходы между подуровнями тонкой структуры с уменьшением орбитального квантового числа l на единицу, а также и переходы с небольшим изменением n лежат в микроволновой области длин волн (от 1 мм до 10 дм, т.е. на частотах от 300 до 0,3 ГГц) спектра электромагнитных волн КВЧ–СВЧ–УВЧ (EHF–SHF–UHF)-диапазонов.

Наземные измерения показали [12], что в период солнечных вспышек сигнал от потока микроволнового излучения земной ионосферы превышал интенсивность потока микроволн от спокойного Солнца в 2–40 раз (на длине волны 50 см). Ширина всплеска достигала 1 ГГц. Тогда поток ионосферного микроволнового излучения на длине волны 50 см в период солнечной вспышки составляет по данным, полученным в работе [12], $\sim 3\text{--}70 \cdot 10^{-16}$ Вт/см². Это на порядок выше, чем порог чувствительности биологических объектов к микроволнам [13]. Во время магнитных бурь такие наблюдения проведены в зоне полярных сияний [14]. В период магнитной бури величина потока может возрастать до $10^{-11}\text{--}10^{-12}$ Вт/см² [10], а в главную фазу бури способна превысить 10^{-10} Вт/см².

Важными в рассмотрении источника микроволн в ионосфере для физики солнечно-земных связей являются два обстоятельства:

1) поток микроволнового ионосферного излучения пропорционален по энергетике как мощности вспышки на Солнце, так и силе геомагнитной бури, т.е. хорошо отражает степень текущей солнечно-геомагнитной активности;

2) весь спектр микроволнового излучения солнечного и ионосферного происхождения почти свободно (за исключением пяти узких полос поглощения) проникает до земной поверхности, в том числе в биосферу.

В случае солнечных вспышек основной вклад в возбуждение ридберговских уровней на ионосферных высотах вносят фото- и Оже-электроны [8,9], а в периоды магнитных бурь – высыпавшиеся из радиационных поясов электроны, вторичные- и Оже-электроны [11]. Отметим, что именно учет эффекта Оже в ионосфере, выполненный впервые в 1974 г. в ВНИЦ ГОИ [8], позволил создать адекватные модели для энергетических спектров ионосферных фо-

тоэлектронов во время вспышек на Солнце. До этого не было возможностей для полноценного учета вклада в ионосферное возмущение наибольшего прироста потока рентгеновского излучения вспышки – в области спектра короче 3,1 нм [15].

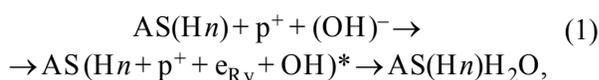
Основные положения супрамолекулярной физики в приложении к биофизике. 60 лет назад А. Сент-Дьердьи в книге «Биоэнергетика» [16] обратил внимание на важность рассмотрения двух матриц в живом организме – воды и электромагнитного поля. Сегодня этот вопрос еще более актуален вследствие сильно возрастающего электромагнитного загрязнения окружающей среды из-за прогресса в бытовой электронике, сотовой связи и системах позиционирования. Мы предложили учитывать, что микроволновое излучение в процессе поглощения ридберговски возбужденным электроном повышает величину его орбитального момента. Из-за уменьшения вероятности проникновения орбиты ридберговского электрона в пространство ионного остова это приводит к снижению скоростей распада кластерных ионов, способствуя стабилизации кластеров. Тогда можно говорить об управлении степенью стабилизации образующегося нейтрального ассоциата, в том числе из воды в живом организме, через увеличение орбитального момента электрона.

Используемый нами процесс, важный в рассмотрении биофизических проблем [2,3], предложен по совокупности результатов работ [17, 18], где констатировано на основе измерения оптических спектров [17], что в случае ассоциации, т.е. образования сложных молекулярных комплексов из воды, аммиака и метана, добавление новых молекул к прародительским молекулам идет благодаря их высокому сродству к протону. Образующиеся положительные ионы нейтрализуются захватом электрона на ридберговскую орбиталь [18]. В работе [16] констатировано, что: «... биология, возможно, не преуспела до сих пор в понимании наиболее основных функций из-за того, что она концентрировала свое внимание только на веществе в виде частиц, отделяя их от двух матриц – воды и электромагнитного поля...». В нашем подходе задействованы и вода организма, и электромагнитное поле окружающей среды [2,3], в первую очередь ионосферно-космической природы.

В этих ситуациях вероятность процессов ассоциации определяется, как обычно, величиной орбитального момента (l) ридберговского электрона: она уменьшается при малых величинах l и, наоборот, велика при больших значениях ($l > 2$). Следовательно, в периоды повышенного потока микроволн из ионосферы при поглоще-

нии его ридберговским электроном будет происходить уменьшение скорости развала кластеров. При этом, как только протон добавляется к прародительской молекуле, его собственный электрон из бывшего атома водорода нейтрализует возникший положительный заряд, захватываясь на водородоподобные ридберговские уровни, начиная с самых высоких значений n , где n – главное квантовое число. Ведь известно представление, что составные части сложных ионов ассоциатов (кластеров) сохраняют свою индивидуальность [19].

Такой процесс можно представить следующей схемой:



где $AS(Hn)$ – нейтральная сложная молекула (кластер-ассоциат), с большим сродством к протону (p^+), содержащая несколько (n) атомов водорода (H), $p^+(OH)^-$ – молекула воды около такого молекулярного комплекса, обладающего высоким сродством к протону, e_{Ry} – электрон на ридберговской орбитали, нейтрализующий заряд присоединенного протона, $AS(Hn + p^+ + e_{Ry} + OH)^*$ – нейтральный ридберговски возбужденный молекулярный комплекс (ассоциат), поглощающий микроволновый квант в электронном переходе, в результате которого увеличивается орбитальный квантовый момент электрона (l) на ридберговской орбитали, $AS(Hn)H_2O$ – молекулярный комплекс (ассоциат) после присоединения новой молекулы воды.

Следует подчеркнуть, что рассматриваемые нами процессы могут активно протекать как в газовой фазе, так и в жидкостях. В работах [20, 21] подтверждено, что ридберговские состояния регистрируются в спектрах поглощения как для водяных паров, так и в конденсированных средах (в жидкой воде и во льду), при этом величины сечений поглощения практически не меняются. При этом еще в работе [22] был исследован перенос протона в воде благодаря водородным связям с образованием сложных гидратированных ионов-ассоциатов с участием молекул воды и сделан вывод о возможности биологических приложений полученных результатов. Данные этих исследований М. Эйгена, нобелевского лауреата по химии (1967), стали классическими, что дало основание в дальнейшем ввести понятие «eigenstructure» для характеристики стабильных кластерных ионов [23].

В работе [24] особо отмечено, что «...вероятность образования ридберговских орбиталей в конденсированной фазе меньше, чем в газе, хотя есть много экспериментальных результа-

тов, где определено их наличие, например, по энергии переноса между высоковозбужденными состояниями...». Модельные исследования роли ридберговских состояний в жидком метане с учетом величины орбитального момента выполнены в работе [25].

Для рассмотрения вклада электромагнитного облучения в биоэнергетику живого организма важны следующие обстоятельства.

1. В высоковозбужденных (ридберговских) состояниях, в том числе и в кластерах с участием молекул воды, параллельно с поглощением квантов микроволн, возникает индуцированное излучение в том же диапазоне с существенно большей вероятностью, чем эмиссия в спонтанных электрических дипольных переходах (см., например, [18]). Это означает, что индуцированное микроволновое излучение, возникающее при прохождении в жидкой среде потока квантов внешней электромагнитной волны, участвует в дальнейших актах возбуждения ридберговского электрона на уровень $l' = l + 1$. Следовательно, есть основания учитывать данный процесс в энергетике биологических реакций, т.к. квант индуцированного излучения имеет ту же частоту и направление движения, что и первичный, и следовательно участвует в процессах возникновения нейтральных водосодержащих ассоциатов в рамках того же сценария супрамолекулярной физики;

2. Еще в работе [21] обращалось внимание на экспериментальные доказательства наличия ридберговски возбужденных уровней у биологических молекул, при этом отмечалось, что «теория игнорирует ридберговское возбуждение». Представленная в работе [21] таблица содержала такие жизненно важные биоматериалы, как ДНК, клетки крови, олигопептиды, гликопептиды, хлоропласты и др. Следует учитывать, что возможна безизлучательная передача запасенной водосодержащими ассоциатами потенциальной энергии ридберговских состояний другим биомолекулярным компонентам. Здесь надо иметь в виду, что у молекул (в том числе в составе кластеров-ассоциатов) существуют колебательные и вращательные степени свободы, и это приводит к возникновению множества энергетических уровней. Но уже при величине главного квантового числа $n \geq 8$ электронно-возбужденные уровни расположены более тесно, чем колебательные и даже вращательные уровни ионного остова [26]. Таким образом, условие наличия резонанса при столкновительной (безизлучательной) передаче потенциальной энергии между ридберговскими уровнями водосодержащего ассоциата и биомо-

лекулярного компонента практически реализуемо.

О сильно разбавленных биорастворах. В рассматриваемой ситуации имеется возможность объяснить так называемый эффект «больших разбавлений», когда в растворах некоторых биологически активных веществ усиливается ассоциатообразование [1] при свехразбавлениях водой вплоть до минимальных концентраций (10^{-15} – 10^{-18} М).

Отметим, что требующая интерпретации особенность – усиленное ассоциатообразование – касается только случаев очень малых концентраций биомолекул – менее чем 10^{-7} – 10^{-10} М. Действительно, в работе [1] не наблюдалось существенных различий в процессах ассоциатообразования в водных растворах всех 60-ти исследованных биоактивных веществ при концентрациях от единиц молей до $\sim 10^{-7}$ М, как при наличии, так и в отсутствие электромагнитного экранирования. Кстати, при концентрации 10^{-10} М в 1 мл (1 см^3) раствора может находиться всего $6 \cdot 10^{10}$ молекул растворенного вещества (тогда как при отсутствии всякого разбавления их количество составляет $6 \cdot 10^{20}$ молекул).

Нами предлагается такая интерпретация природы этого явления с учетом влияния, в рамках супрамолекулярной физики, поглощения микроволнового излучения ионосферы на вероятность ассоциатообразования. Одним из лучших партнеров в механизме увеличения скорости ассоциатообразования при участии квантов потока микроволн являются молекулы воды (из-за своего высокого сродства к протону). Когда их количество при свехразбавлениях растет, все больше квантов микроволн, включая излучаемые индуцированно, уходит на увеличение ассоциированности водосодержащего компонента, а также к дополнительному (эстафетному) появлению нового индуцированного микроволнового потока. Следовательно, появляется все больше возможностей для усиления биохимической активности растворенного биоконпонента вследствие реализации столкновительной (безизлучательной) передачи потенциальной энергии от ридберговски возбужденного водосодержащего ассоциата на ридберговские уровни биомолекул. Тогда можно полагать, что увеличение суммарного микроволнового потока квантов внешнего происхождения и индуцированного излучения отражается на росте числа ридберговски возбужденных биомолекул. Это не может не влиять на кинетику всех биохимических реакций, включая ассоциатообразование, с участием таких возбужденных биомолекул.

Косвенным подтверждением нашего гипотетического объяснения можно считать исчезновение эффекта ассоциатообразования при проведении опыта с экранированием геомагнитного поля с помощью пермаллового контейнера [1], когда сильно ослабляются любые микроволновые потоки окружающей среды всех частот.

Интересна также причина влияния на биофизику растворов наличия низкочастотной амплитудной модуляции микроволнового излучения ионосферы [11]. Модуляция связана с расположением резонаторов крайне низкочастотных колебаний внутри ионосферы – в месте генерации потока микроволн. Главное, что в этих диапазонах располагаются частоты ритмов многих органов живого организма, прежде всего мозга, а также, например, сердца, брюшной полости (4–8 Гц), позвоночника (6 Гц), почек (6–8 Гц). Из-за близости к основным ритмам мозга [11] в полосах Шумана (на частотах выше 7 Гц) и Альфвена (на частотах ниже 6 Гц и вплоть до малых долей Гц) эту модуляцию следует иметь в виду при рассмотрении роли микроволн в передаче «сигналов» нервной системе. Таким образом, имеются причины для выявленного вклада излучения низкой частоты ~ 7 Гц в наблюдавшиеся в работе [1] проявления аномального ассоциатообразования водных биорастворов.

В работе [11] была выдвинута гипотеза об ином канале влияния микроволнового излучения (прежде всего из ионосферы) как источника информации для биосферы об окружающей среде. Действительно, оно способно резонансно взаимодействовать с такими биологическими объектами, как клетка, межклеточные мембраны, эритроциты, молекула гемоглобина, ДНК, РНК и др. Такие факты могут объяснить результаты недавних исследований реологических характеристик крови человека в периоды солнечных вспышек и геомагнитных бурь [27], когда обнаружилось, что у больных людей (с патологией системы кровообращения) резко увеличивается вязкость крови как раз во время магнитной бури. Больные, по-видимому, потеряли навык воспринять «сигнал от вспышки на Солнце про надвигающуюся магнитную бурю» и справиться адаптационными способностями своего организма с увеличением вязкости крови в период бури. В процессе эволюции живой организм приспособился к воздействиям неблагоприятных факторов солнечно-геомагнитной возмущенности, тем более что ранее Солнце и геомагнитосфера были более активны и соответственно величина потока микроволн из земной ионосферы могла быть до порядков

величины выше. В работе [27] имеются определенные указания на способность здорового организма уже в период солнечной вспышки (как предвестника магнитной бури) отрегулировать реакцию системы кровообращения, чтобы предотвратить развитие по негативному сценарию (увеличению вязкости крови).

Современная медицинская биофизика предлагает в свете кибернетических представлений рассматривать это в качестве механизма форпостного («предвосхищающего грядущие события» [6]) регулирования – основного элемента психической деятельности. «Кибернетические идеи помогают... естествоиспытателям продвигаться в направлении глубоких философских обобщений явлений жизни на атомном, молекулярном, клеточном, органном и организменном уровнях» ([6], с. 578). Подобное «расширение» временных рамок реакции биосистем живого организма на внешние воздействия перекликается с проблемой наличия «памяти воды» в биофизике. Обратимся к вопросу о «памяти воды» в нашем случае – в ее структурных изменениях под воздействием потока микроволн из ионосферы. Длительность главной фазы геомагнитной бури, т.е. наибольшей интенсивности потока микроволн, составляет ~6 ч. Но сама буря продолжается до двух суток, причем потоки высыпавшихся в ионосферу из радиационных поясов электронов имеют тенденцию к рекуррентным возрастаниям. Так, по данным наших спутниковых измерений, проведенных в 1971 г. на искусственном спутнике Земли «Космос-381» [28], уже после окончания главной фазы в течение нескольких часов регистрировались в ряде случаев самые интенсивные потоки электронов в ионосферу. Имеются и сведения о сериальном возникновении мощных вспышек на Солнце, а также наличие их предвестников за шесть часов и менее с амплитудой в рентгеновском диапазоне в 30% от максимума вспышечного возрастания потока [28]. Таким образом, совокупная вспышечно-буревая возмущенность ионосферы с усилением потока микроволн может продолжаться сутками. Соответственно, все это время идет образование ассоциатов, что может в итоге интерпретироваться как наличие «памяти воды», проявляющейся в ее физических параметрах.

Количественные оценки вероятности ассоциатообразования с участием молекул воды. В работах [3,4,29] ранее была проведена расчетная оценка ожидаемой плотности тропосферных водосодержащих кластеров в период главной фазы мировой магнитной бури. Рассматривая результаты как проверочные в рамках супрамолекулярной физики, следует констатировать

вполне удовлетворительное согласие с экспериментальными данными о «молодой» перистой облачности. Действительно, в работе [30] приводятся типичные величины концентрации ледяных частиц ($10\text{--}15\text{ см}^{-3}$) в «молодых» перистых облаках. Таким образом, поглощение микроволн из ионосферы изначально должно обеспечить стабилизацию именно такого количества кластеров-ассоциатов. Оценки, выполненные в работах [3,4], показывают, что в тропосфере это с запасом до 1000 раз обеспечивается в период главной фазы мировой магнитной бури. Это позволило рассчитывать на адекватность нашего подхода и в случае жидкости живого организма [2,3]. Оценку возможного вклада поглощения микроволн в процесс ассоциации с участием сложных молекулярных, в том числе водосодержащих комплексов в живом организме, также проводили для главной фазы мировой магнитной бури [2,3], когда поток квантов микроволнового излучения $F = 10^{12}$ квантов/(см²·с). Сечение поглощения кванта микроволнового излучения (S) с увеличением орбитального углового момента l на единицу для молекулы воды в n^6 раз превышает газокинетическое и может достигать до $\sim 1,2 \cdot n^6 \cdot 10^{-12}$ см² [29]. Тогда величина вероятности образования ассоциатов, стабилизированных поглощением потока микроволн электроном на ридберговской орбитали с увеличением величины l на единицу, будет составлять $p = SFr$, где $r = 10^{-12}$ с – среднее значение продолжительности процесса ассоциации сложной молекулы через нейтрализацию ридберговским электроном положительного заряда атомно-молекулярного комплексного иона (образующегося с участием молекулы H₂O из-за высокого сродства к протону), присоединившего протон молекулы воды. Получено, что вероятность образования ассоциатов, стабилизированных поглощением потока микроволн электроном на ридберговской орбитали в водной среде (в том числе, в человеческом организме), может внутри скин-слоя (толщиной до 16 см в дециметровом диапазоне) достигать до 26% [2,3]. Расчетная оценка выполнена по приведенной формуле для $n = 100$. Значение $n = 100$ выбрано исходя из оценки вероятного размера «шубы» из молекул воды ($\sim < 1$ мкм), облепляющей биополимеры, ибо таков и диаметр ридберговской (боровской) орбиты с данным n .

Пример с ассоциатообразованием в виде «шубы» водных кластеров был использован нами ранее [2,3] при обсуждении возможной природы сильной зависимости повышения вероятности рецидивов и появления новых больших ревматоидным артритом в периоды высокой

солнечно-геомагнитной активности – вспышек на Солнце и геомагнитных бурь [31,32]. В работах [2,3] показано, что в этих случаях должна резко увеличиваться кластерообразность суставной жидкости.

В работах [33,34] получены новые данные о превалированности соотношения высокомолекулярной (с очень большой степенью ассоциативности) формы аденозиндезаминазы 1 над низкомолекулярной в синовиальной жидкости больных ревматоидным и реактивным артритом, а также болезнью Бехтерева и анкилозирующим спондилитом. Крайне низким уровнем низкомолекулярной формы аденозиндезаминазы 1 оказался и при таких патологиях, как остеоартрит и подагра. Такие медицинские показания иллюстрируют превалированность степени ассоциативности синовиальной жидкости у больных.

Вопрос о времени существования ридберговских состояний в жидкой среде организма связан с влиянием процессов столкновительного тушения. Взаимодействие ридберговского атома/молекулы как целой частицы со сталкивающимся компонентом среды (обычно это нейтральная, как и в нашем случае биосред, атомно-молекулярная составляющая) рассматривался в работе [35]. Реальное столкновение между электроном и нейтральным атомом/молекулой происходит на меньших расстояниях, чем кулоновское. Следовательно, высоковозбужденный электрон взаимодействует с нейтральным атомом/молекулой только в том случае, если они очень близки, и это столкновение по времени много короче, чем при взаимодействии заряженных частиц. Поскольку ионный остов далек от ридберговского электрона, его присутствие несущественно при электрон-нейтральных столкновениях. Можно предположить, что тушающий эффект такого столкновения – прохода сквозь очень раздутый атом, находящийся в ридберговском состоянии, весьма невелик, несмотря на его большое геометрическое поперечное сечение, пропорциональное n^4 , где n – главное квантовое число. В работе [13] время между последовательными соударениями с молекулами в водном растворе оценено как составляющее около 10^{-11} с. У нас среднее время процесса нейтрализации заряда у молекулярной частицы, включая ассоциаты, после присоединения протона на порядок меньше ($\sim 10^{-12}$ с), поэтому столкновительное тушение можно, по крайней мере в первом приближении, не учитывать.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В работе на основании известных представлений из физики ионосферы и физики электронно-молекулярных столкновений предложен и апробирован новый подход к решению такой актуальной проблемы, как биоэнергетика ассоциатообразования высокоразбавленных водных растворов. В этих целях развита супрамолекулярная физика генерации надмолекулярных структур – кластеров-ассоциатов из молекул воды – под воздействием потоков микроволнового излучения из земной ионосферы [2,3]. Его поглощение с возбуждением электрона, нейтрализующего положительный заряд комплексного иона, на ридберговскую орбиталь с более высоким квантовым числом l , увеличивает количество ассоциирующих частиц, поскольку понижается вероятность проникания ридберговской орбиты в ионный остов, а следовательно, и вероятность распада образующегося ассоциата. Когда количество ассоциатов с молекулами H_2O (в рамках схемы супрамолекулярной физики) при сверхразбавлениях растет, появляется все больше возможностей для усиления биохимической активности растворенного биокомпонента вследствие реализации столкновительной (безизлучательной) передачи потенциальной энергии от водосодержащего ассоциата на ридберговские уровни биомолекул. Следовательно, можно полагать, что увеличенный суммарный микроволновый поток квантов внешнего происхождения и индуцированного излучения способен отражаться на состоянии ридберговского возбуждения биомолекул. Это не может не влиять на энергетику и кинетику всех биохимических реакций с участием таких возбужденных биомолекул, включая ассоциатообразование.

Отмечено, что поток дополнительного, индуцированного излучения на тех же частотах, что и поток микроволн внешнего происхождения, участвует, в рамках прежнего сценария супрамолекулярной физики, в росте скорости ассоциатообразования с включением новых молекул воды.

2. Выполненное сопоставление развиваемых представлений с известными экспериментами по электромагнитному экранированию биологических растворов различной степени разбавленности [1] подтверждает реальность предложенного канала связи явлений в жидкой среде живого организма с состоянием околоземного космического пространства. При этом учитывалось, что использование в подобных экспериментах металлических контейнеров для экранировки геомагнитного поля приводит также и к кардинальному подавлению потоков мик-

роволнового излучения внешней среды, в том числе ионосферного происхождения.

3. Важным методическим результатом предложенного нами механизма влияния активности Солнца и геомагнитосферы на биосферу, включая человека, является необходимость учета его вклада во всех исследованиях по гелио-гео-био-корреляциям и магнитобиологии [13]. Без этого возможны либо потеря эффекта, либо даже неверные выводы.

Проводимое изучение отклика живой материи на вариации микроволнового потока ионосферно-космической природы важно для прогресса в решении фундаментальных проблем биоэнергетики и в медицинских приложениях – в терапии электромагнитным облучением.

Авторы выражают благодарность рецензенту за ценные замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А. И. Коновалов, Вестн. РАН **83** (12), 1076 (2013).
2. S. V. Avakyan, in *Proc. 11th Int. School and Conference "Problems of Geocosmos"*, Ed. by V. S. Semenov, M. V. Kholeva, S. V. Apatenkov, et al. (SPbSU, SPb, 2017), pp. 180–186.
3. С. В. Авакян, Вестн. РАН **87** (5), 458 (2017).
4. S. V. Avakyan, in *Proc. 11th Int. School and Conference "Problems of Geocosmos"*, Ed. by V. S. Semenov, M. V. Kholeva, S. V. Apatenkov, et al. (SPbSU, SPb, 2017), pp. 187–191.
5. Ж.-М. Лен, *Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы* (Наука, Новосибирск, 1998).
6. В. О. Самойлов, *Медицинская биофизика: Учебник для ВУЗов. 3-е изд.* (СпецЛит (ВМА), СПб., 2013).
7. Г. А. Миронова, *Конденсированное состояние вещества: от структурных единиц до живой материи* (МГУ, М., 1991), т. 1.
8. С. В. Авакян, Оптический журн. **72** (8), 33 (2005).
9. С. В. Авакян, А. Е. Серова и Н. А. Воронин, Геомагнетизм и аэрономия **37** (3), 99 (1997).
10. С. В. Авакян и Н. А. Воронин, Оптический журн. **73** (4), 78 (2006).
11. С. В. Авакян, Оптич. журн. **72** (8), 41 (2005).
12. В. С. Троицкий, А. М. Стародубцев, Л. Н. Бондарь и др. Изв. ВУЗов. Радиофизика **16** (3), 323 (1973).
13. В. Н. Бинги, *Магнитобиология: Эксперименты и модели* (МИЛТА, М., 2002).
14. P. A. Forsyth, W. Petrie, and B. W. Currie, *Canad. J. Res.* **28** (A3), 324 (1950).
15. S. V. Avakyan, V. V. Kovalenok, V. P. Savinykh, et al., *Acta Astronautica* **109** (1), 194 (2015).
16. А. Сент-Дьердьи, *Биоэнергетика* (Физматгиз, М., 1960).
17. I. Dabrowski and G. Herzberg, *Canad. J. Phys.* **58** (8), 1238 (1980).
18. J. A. C. Gallas, G. Leuchs, H. Walther, and H. Figger, in *Adv. in Atomic and Molec. Phys.* (Acad. Press Inc, London, 1985), Vol. 20, pp. 413–466.
19. Б. М. Смирнов, *Комплексные ионы* (Наука, М., 1983).
20. M. V. Robin, *Higher excited states of polyatomic molecules* (Acad. Press, New-York, London, 1974), Vol. 1.
21. M. V. Robin, *Higher excited states of polyatomic molecules* (Acad. Press, New-York, London, 1985), V. III.
22. M. Eigen and L. De Maeyer, *Proc. Roy. Soc., ser. A, Matem. and Phys. Sci.* **247** (1251), 505 (1958).
23. T. D. Mark and A. W. Castleman Jr., in *Adv. Atomic and Molec. Phys.* (Acad. Press Inc, London, 1985), V. 20, pp. 65–172.
24. L. Wojnarovits, in *Charged particle and photon interactions with matter Chemical, physicochemical, and biological consequences with applications*, Ed. by A. Mozumder and Y. Hatano (Taylor and Frances Inc., New-York, Basel, 2004), pp. 369–406.
25. W. L. Morgan, in *Recent Studies in Atomic and Molecular Processes*, Ed. by A. E. Kingston (Plenum Press, New-York, London, 1987), pp. 149–166.
26. Р. Фройнд, в сб. *Рудберговские состояния атомов и молекул* (Мир, М., 1985), сс. 401–444.
27. В. Г. Ионова, Е. А. Сазанова, Н. П. Сергиенко и др., *Биофизика* **48** (2), 380 (2003).
28. С. В. Авакян, А. И. Вдовин и В. Ф. Пустарнаков, *Ионизирующие и проникающие излучения в околоземном космическом пространстве. Справочник* (Гидрометеопиздат, СПб., 1994).
29. С. В. Авакян и А. З. Девдариани, Оптич. журн. **83** (5), 76 (2016).
30. Л. С. Ивлев, Оптика атмосферы и океана **24** (5), 392 (2011).
31. Г. М. Халфиева, Н. Г. Халфиев и И. С. Тагиров, в сб. *Тез. докл. Республ. науч.-практич. конф. «Влияние солнечной активности, климата, погоды на здоровье человека и вопросы метеопрофилактики»*, под ред. Х. С. Хамитова и М. М. Гимадеева (КМИ, Казань, 1988), т. 1, сс. 111–112.
32. В. В. Попов, Н. Н. Нутрихина, Л. В. Коровкина и Л. В. Палханова, в сб. *Тез. докл. Республ. науч.-практич. конф. «Влияние солнечной активности, климата, погоды на здоровье человека и вопросы метеопрофилактики»*, под ред. Х. С. Хамитова и М. М. Гимадеева (КМИ, Казань, 1988), т. 1, сс.117–118.
33. A. A. Antonyan, S. G. Sharoyan, A. A. Haroyan, et al., *Proc. Yerevan State Univ., Chem. and Biol.*, No 3, 28 (2013).
34. A. A. Antonyan, S. G. Sharoyan, A. A. Haroyan, et al., *Proc. Yerevan State Univ., Chem. and Biol.*, No 2, 54 (2014).
35. K. Takayanagi, *Comm. Atom. and Molec. Phys.*, No 5/6, 177 (1977).

The Influence of Environmental Electromagnetic Radiation on Associate Formation in Aqueous Solutions

S.V. Avakyan* and L.A. Baranova**

**All-Russian Scientific Center "Vavilov State Optical Institute", Birjevaya liniya 12, St. Petersburg, 199034 Russia*

***Ioffe Physico-Technical Institute, Russian Academy of Sciences,
ul. Politechnicheskaya 26, St. Petersburg, 194021 Russia*

We present the results of studies which focus on the nature of the known in modern biophysics peculiarities in the associative properties of aqueous solutions of biologically active substances. It is shown that the events observed during associate formation may occur because of first of all the ionospheric effect on microwave signals. Taking into account the high proton affinity of water molecules we considered previously performed quantitative quantum mechanical analysis of the physical mechanism for formation of clusters-associates with water molecules in liquid aqueous medium. Comparison of the various opinions concerning the experiments on the effect of microwave flux on biological solutions diluted to different degrees confirms that the events observed in biological media can be driven by microwave radiation.

Keywords: Rydberg states, microwave radiation of the ionosphere, magnetic storm, pathology of vascular diseases, rheumatoid arthritis