

ВЧ И СВЧ РЕЗОНАНСЫ СМЕШАННЫХ КВАНТОВЫХ СОСТОЯНИЙ ОРТО-ПАРА СПИН-ИЗОМЕРОВ H₂O КАК ФАКТОР ИХ КОНВЕРСИИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БИООБЪЕКТЫ

С.М. Першин

Научный центр волновых исследований ИОФ им. А.М. Прохорова РАН

pershin@kapella.gpi.ru

Поступила 24.03.2015

Недавно А.И. Коновалов с сотрудниками обнаружил увеличение электропроводности одновременно с увеличением диаметра нанообъектов (замедлении диффузии) при некоторых концентрациях водных растворов. Установлено, что эти особенности не проявляются при экранировании образцов от внешних электромагнитных полей (ЭМП) и восстанавливаются при их облучении ЭМП. Для объяснения наблюдаемого парадокса предложена новая концепция воды с учетом квантовых отличий орто-пара спиновых изомеров H₂O: спиновая селективность при гидратации и спонтанном формировании льдо-подобных структур, квантовые биения и спин-конверсия, индуцированная резонансной накачкой микроволновыми полями (слабыми ЭМП), которые ранее не учитывались. С учетом квантовых отличий изомеров H₂O рассмотрен их транспорт через мембраны клеток. Предложено считать, что дипольный ключ в водных каналах мембран выполняет роль вентиля, пропускающего только вращающиеся молекулы. Показано, что выявленная селективность более предпочтительна для орто-H₂O, которые не имеют уровня с нулевой вращательной энергией. Анализ спектра вращательных переходов спиновых изомеров H₂O показал, что существуют близкорасположенные пары уровней орто-пара H₂O, которые образуют смешанные квантовые состояния и допускают резонансную накачку в широком диапазоне частот ЭМП, включая микроволны СВЧ.

УДК УДК 577.352; УДК 541.11

1. Введение

Предметом настоящей работы является анализ и физическое обоснование экспериментально установленных ряда аномалий водных растворов низкой концентрации, а также влияние ВЧ и СВЧ резонансов смешанных квантовых состояний орто-пара H₂O при электромагнитном воздействии на биообъекты. Предложен новый подход к физике воды, который учитывает квантовые отличия орто/пара спиновых изомеров H₂O в воде.

Этот подход позволяет физически непротиворечиво интерпретировать наблюдаемые особенности, что и является целью данной работы.

Известно, что физический механизм повышения биологической активности [1], изменения свойств мембран и увеличения флуктуаций ИК поглощения [2] водных растворов аномально низкой концентрации ($\sim 10^{-12}$ - 10^{-18} М) остается пока неустановленным. Позднее [3-6], А.И. Коновалов с сотрудниками выявил парадоксальное поведение параметров водных растворов низких концентраций - увеличение электропроводности при замедлении диффузии (увеличение эквивалентного диаметра нанообъектов, измеренного методом динамического рассеяния света), которые коррелировали с повышением биоактивности [1]. При этом авторы, впервые, насколько нам известно, в окрестности этих же концентраций обнаружили проявление оптической активности (вращение плоскости поляризации) и сделали предположение, что нанообъекты гидратируются упорядоченными структурами воды в процессе её самоорганизации. Кроме того, было обнаружено, что наблюдаемый парадокс и экстремумы других параметров в области низких концентраций не проявляются в условиях экранирования образцов от внешних ЭМП в пермалловом контейнере [6]. Эти факты указывают на неизвестные ранее фундаментальные закономерности, которые не удовлетворяют существующим моделям воды [7] и противоречат кинетической теории жидкости [8]: одновременное повышение подвижности и размера структурных форм гидратных оболочек молекул.

2. Орто-пара спиновые изомеры H_2O

Для снятия обнаруженного противоречия мы предложили учесть малоизвестные степени свободы H_2O – квантовые отличия спиновых изомеров H_2O [9,10] и сверхтонкие взаимодействия в виде конверсии изомеров, а также их проявление в свойствах воды. Этот подход позволил нам показать ранее [11], что значения температур особых точек T_c воды, тяжелой воды и льда не являются случайными. Они отражают резонансное совпадение энергии броуновского движения kT_c (экстремум максвелловского распределения по скоростям) и энергии квантов вращательных переходов $h\Omega_{mn}$ орто или пара спин-изомеров H_2O (или одновременно обоих, например, в окрестности температур 4, 19 и 60 °С)

$$kT_c = h\Omega_{mn} \quad (1)$$

Выполнение условия резонанса (1) и увеличение вероятности орто-пара конверсии в смешанных квантовых состояниях [12] при возбуждении или релаксации молекул H_2O позволили нам объяснить некоторые биофизические эксперименты [13,14], которые не получили пока удовлетворительной интерпретации.

Для анализа роли спин-изомеров H_2O в свойствах воды и водных растворов малых концентраций [1-6] обоснуем их присутствие на основе экспериментальных данных, которые не упоминались нами ранее [14]. Наличие мономеров H_2O в воде не является очевидным фактом. При этом регистрация их вращения даёт основание для введения в рассмотрение орто и пара спин-изомеров H_2O , поскольку отличия их волновых функций проявляется в спектрах вращения H_2O , которые обеспечивают отнесение линий и идентификацию изомеров. Заметим, что сигнал магнитно-резонансного томографа в единицах протонной плотности пропорционален, как показано нами ранее [15], содержанию орто-изомера H_2O , магнитный момент которого равен единице, а пара-изомера – нулю [9-14].

Декаду назад авторам работы [16] удалось обнаружить (при повышении спектрального разрешения до $\sim 2 \text{ см}^{-1}$) модуляцию коэффициента поглощения воды при увеличении частоты в области крыла Релея (10 - 100 см^{-1}), которая показана (круги) на Рис. 1 (правая ось ординат). Мы предположили, что наблюдаемая модуляция является прояв-

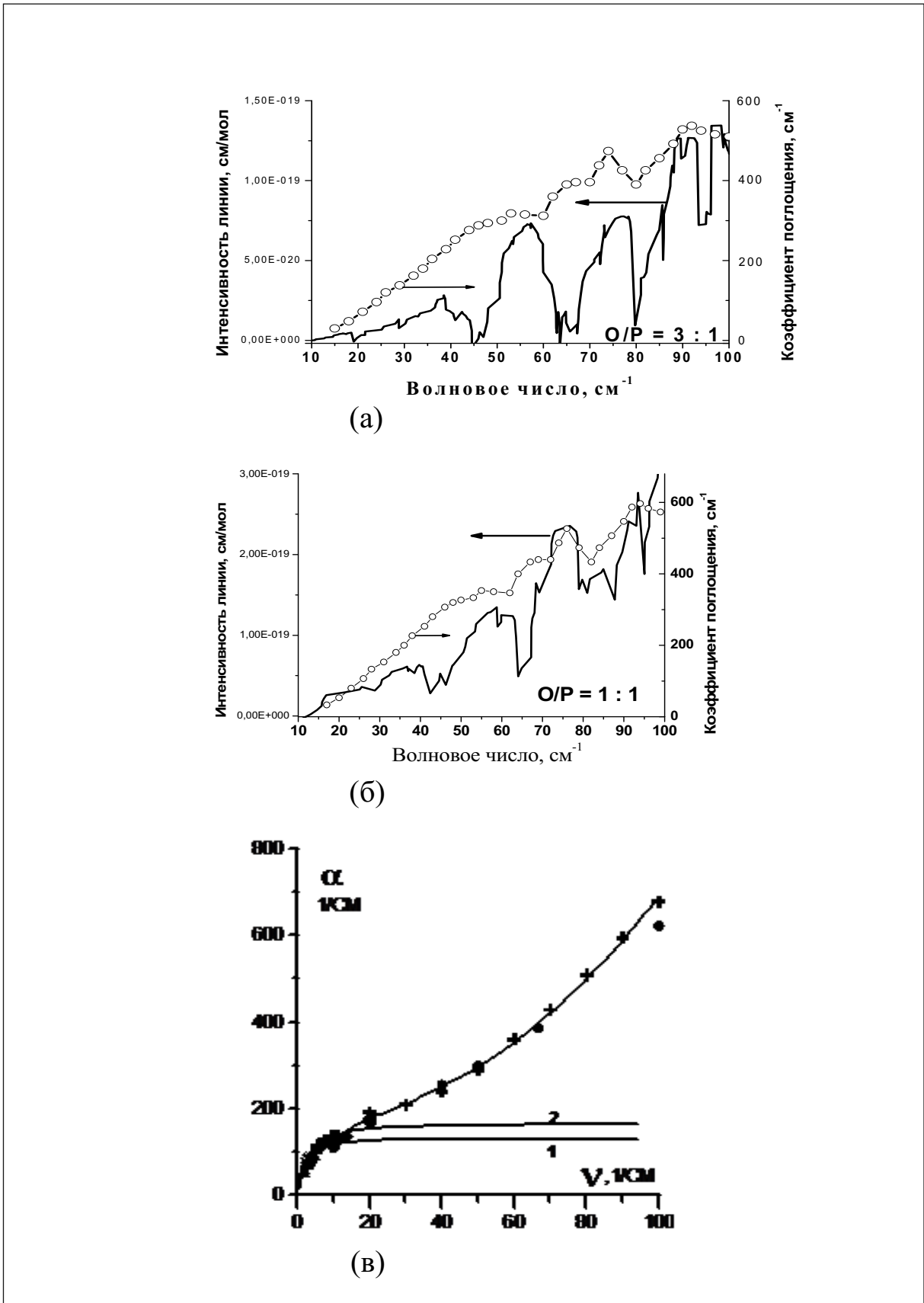


Рис. 1. Спектр поглощения синхротронного излучения в воде (круги) [16] с разрешением 2 см⁻¹ и сглаженный с таким же шагом спектр вращения молекул H₂O (линия) из базы HITRAN при орто/пара отношении 3:1 (а) и 1:1 (б), а также спектр с монотонной зависимостью (расчёт – линия, эксперимент – точки) поглощения воды (в) с разрешением 10 см⁻¹ из работы [18].

лением вклада вращательного спектра мономеров (спин-изомеров [9,10]) H_2O , присутствующих в воде. Затем взяли вращательный спектр H_2O с равновесным отношением орто/пара = 3:1 из базы данных HITRAN и провели его сглаживание с шагом 2 см^{-1} (для удобства сравнения с экспериментом). После нормирования полученной огибающей на максимальное значение коэффициента поглощения [16] в окрестности частоты 100 см^{-1} была получена немонотонная зависимость (рис. 1а, линия), которая удовлетворительно отражала модуляцию экспериментальных данных (круги на рис. 1а). Далее, принимая во внимание наши данные о неравновесном отношении орто/пара=1:1 в воде комнатной температуре [17], мы уменьшили амплитуду и вклад линий орто- H_2O в суммарный спектр в три раза. После этой процедуры соответствие огибающей (линия на рис. 1б) экспериментальным данным (круги) заметно улучшилось. Полученное совпадение с учетом вклада полосы межмолекулярных колебаний в окрестности частоты 50 см^{-1} указывает на существование (вращение) орто-пара спиновых изомеров H_2O в воде с неравновесным соотношением 1:1. Здесь следует заметить, что общепринятым результатом в настоящий момент считается монотонная зависимость (линия расчета и точки эксперимента на рис. 1в из работы [18]) коэффициента поглощения (диэлектрической проницаемости) воды, полученной при низком спектральном разрешении по сравнению с работой [16].

В работе [19] была также обнаружена модуляция кинетики флюоресценции реакционных центров, которую авторы (в отличие от работы [16]) отнесли к вращению мономеров H_2O . Заметим, что реакционные центры имеют замкнутые полости с мономерами H_2O (данные рентгеноструктурного анализа), в которых они могут свободно вращаться. Такие факты дают основание полагать, что и в объемной воде существуют полости для вращения H_2O . Оставалось неясным, почему авторы работы [19] выбрали частоты только некоторых мод H_2O и их обертоны для сравнения с данными эксперимента, пренебрегая десятками других мод, частоты которых близки к выбранным. Принимая во внимание квантовые отличия орто и пара спиновых изомеров H_2O (D_2O), нам удалось обосновать подобное «прореживание» вращательного спектра частот H_2O [20] (и D_2O тоже [21]) тем, что переходы с частотами, наблюдаемыми в эксперименте [19], образуют смешанные квантовые состояния [12], в которых наблюдается спин-конверсия изомеров. Селекция [20,21] именно таких вращательных переходов обеспечила хорошее совпадение с модуляцией кинетики [19].

Недавно [22] была выявлена корреляция увеличения электропроводности воды с увеличением ее плотности в окрестности известной особой температурной точки $4 \text{ }^\circ\text{C}$. Отметим, что этот факт согласуется с обнаруженным ранее кратным увеличением «подвижности» воды в окрестности $4 \text{ }^\circ\text{C}$ [23]. Следует отметить, что подобный парадокс «выше плотность раствора - выше подвижность», но уже с водным раствором-суспензией гемоглобина, был обнаружен ранее [24] в окрестности другой особой температурной точки воды $36.6 \text{ }^\circ\text{C}$. Поскольку наблюдаемые особенности [22-24] не получили авторской интерпретации, нами было дано их физическое обоснование с привлечением механизма орто-пара конверсии H_2O в окрестности температур особых точек [13,14], которая индуцирована резонансными (1) столкновениями молекул с переходом в смешанное квантовое состояние [12]. В такие состояния молекула(ы) H_2O реакционных центров попадает при возбуждении (синхронно с экситонами [20,21]) и релаксации в экспериментах накачка-зондирование [19].

Наконец, сравнительно недавно [25] удалось зарегистрировать колебательно-вращательные линии орто и пара спин-изомеров в воде методом Фурье-спектроскопии. Эти данные подтверждают наши результаты о наблюдении вращения молекул H_2O , полученные ранее [26,27] при четырехволновом смешении.

Приведенный набор экспериментальных данных, с учётом обсуждавшихся ранее [14], даёт основание полагать, что спиновые изомеры существуют и вращаются в воде и

водных растворах. Конверсия изомеров H₂O изменяет их отношение, подвижность (вязкость) растворов [13,14,24]. Физически ясно, что снижение вязкости воды [23] и растворов [24] обеспечивает увеличение электропроводности [22] также как и в экспериментах Коновалова [3-6] (даже без учёта возможности повышения подвижности ионов).

Рассмотрим далее, может ли повышение электропроводности коррелировать с увеличением толщины слоя гидратации (диаметра наноккомплексов [3-6]) с определенной структурой водородосвязанных молекул H₂O.

3. Льдоподобные структуры в воде

В серии экспериментальных результатов опубликованных работ, перечисленных в работе [14], было установлено, что предпочтительной структурой водородосвязанных комплексов воды и гидратных оболочек биомолекул в водных растворах является динамическая структура гексагонального льда. Дополним этот список [14] новыми данными для обоснования парадокса Коновалова [6].

Применение методов статистики дробных моментов к анализу ОН полосы комбинационного рассеяния (КР) в воде позволило нам [28] выделить в ней компоненту 3200 см⁻¹, характеристическую для структуры гексагонального льда I_h [7], вклад которой должен уменьшаться с повышением температуры воды в соответствии с физикой теплового разрушения водородных связей. Нам удалось зарегистрировать ожидаемое уменьшение методом КР [29] (см. рис.2). Из рисунка видно, что при температуре воды 99 °С вклад компоненты 3200 см⁻¹ заметно меньше, чем при 13 °С, но остаётся значимым, что указывает на существование в воде динамических структур подобных льду I_h .

В другой серии измерений нам удалось зарегистрировать аномально большие деформации огибающей ОН полосы. На рис. 3 показаны спектры ОН полосы КР импульсов второй гармоники Nd:YAG лазера в воде комнатной температуры, которые были записаны последовательно через 10 секунд. Из рисунка видно, что первый спектр (толстая линия) был подобен спектру КР во льдах с доминирующей компонентой 3200 см⁻¹ (сравни с рис.2) что указывает на флуктуационную сборку льдоподобного каркаса из молекул H₂O в объёме перетяжки (который содержит порядка ~10¹⁹ молекул) пучка лазера за время усреднения по 8 импульсам длительностью 10 наносекунд. Напротив, второй спектр (тонкая линия) с огибающей ОН полосы характерной для нагретой воды.

Серия работ [30-32] о структурных превращениях льдов [30], выращенных из свободных молекул H₂O на поверхности сверхтекучего гелия, а также эволюция структур в кластерах молекулярных пучков H₂O [31,32], указывает, что структура гексагонального льда наиболее вероятна при спонтанном переключении водородных связей из-за тепловых флуктуаций.

Особый интерес для нас представляет работа [32] с пучками молекул H₂O, в которой обнаружен размер-зависимый фазовый переход «беспорядок-порядок». Этот спонтанный переход от аморфной к упорядоченной фазе (подобной кристаллу льда I_h) был обнаружен по появлению в спектре характеристической компоненты 3200 см⁻¹ при достижении порогового числа молекул (275) в кластере. Отсюда следует, что в воде [29] и в пленке воды, в которой регистрировали структуру льда [33] при комнатной температуре атомно-силовым микроскопом, а также в слоях гидратирования макромолекул в водных растворах [34] размеры «динамических» льдоподобных структур нанообъектов могут достигать сотен нанометров, что наблюдалось Коноваловым с сотрудниками [4-6]. Заметим, что на границе раздела, например, с воздухом или с гидрофильной поверхностью толщина пограничного слоя (из которого вытесняются полистирольные микрочастицы) в воде может достигать нескольких микрон [35].

На основе приведенных данных можно заключить, что динамическая структура гексагонального льда водородосвязанных каркасов в воде более вероятна, чем другие. То-

гда внутри шестигранного (вдоль оси «с») канала-каркаса с поперечником до 6 Å [18] гексагонального льда всегда могут локализоваться молекулы H_2O [36] и ионы H_3O^+ и OH^- [37], что согласуется с известной клатратной моделью О.Я. Самойлова [18,38]. Впервые, насколько нам известно, предположение о наличии льдоподобных кластеров в воде было сформулировано в работе Röntgen W.C. [39]. Подобная локализация мономеров H_2O , скорее всего, имеет место не только при формировании структур льда I_h в воде, но и в кластерах пучков [32]. Об этом свидетельствует спектральная компонента заметной амплитуды колебательно-вращательных переходов на частоте мономеров в окрестности $\sim 3700 \text{ см}^{-1}$ (см. Рис.2 в работе [32]).

Следует заметить, что в отличие от компактной полости в модели Самойлова [38] мы подчеркиваем осесимметричность и протяженность льдоподобных каналов, которые обеспечивают кратное увеличение коэффициента самодиффузии мономеров и ионов (электропроводность) [37] из-за большой длины свободного пробега по каналу без столкновений. Ранее [40] подобный механизм был принят для обоснования аномально большого (10-кратного) увеличения диффузии альфа частиц вдоль оси каналов кристаллических решёток мишени.

Таким образом, приведенные выше данные допускают, что в воде и водных растворах сосуществуют молекулы H_2O и льдоподобные структуры-каркасы. Кроме того, локализация свободных мономеров H_2O в каналах [36] позволяет нам ввести в рассмотрение их квантовые отличия по спиновому состоянию (орто и пара спин-изомеры). Как будет показано ниже, все эти факторы взаимосвязаны и необходимы для обоснования физики парадокса Коновалова, а также влияние электромагнитного облучения на био-объекты.

4. Модель

Физически ясно, что повышение биологической активности [1,3] и электропроводности [4-6] растворов в области низких концентраций обусловлены увеличением подвижности (диффузии) молекул воды и ионов, а также снижением гидродинамической вязкости раствора. Напротив, замедление диффузии, D , обусловлено увеличением диаметра, $2r$, нанобъектов или вязкости, η , которые связаны соотношением Стокса-Эйнштейна

$$D = kT(6\pi\eta r)^{-1} \quad (2)$$

Отсюда следует, что в гомогенных растворах эти параметры антикоррелируют: $D \sim (2r\eta)^{-1}$. Напротив, корреляция этих параметров в водных растворах составляет основу парадокса Коновалова [3-6].

Обнаруженное противоречие снимается, если расширить существующие модели воды и растворов на основе новых данных следующими допущениями:

1. динамические каркасы водородосвязанных комплексов и слоев гидратации имеют структуру гексагонального льда с каналами вдоль оси «с», длина которых превышает среднюю длину свободного пробега молекул вне каналов, а поперечный размер каналов, $\sim 6 \text{ Å}$ [18,38,41], допускает локализацию (как в контейнере) и движение в них мономеров H_2O и ионов;
2. спиновые изомеры H_2O проявляют квантовые отличия: орто- H_2O имеют магнитный момент и взаимодействуют (вода омагничивается [42]) с магнитным полем (см. магниторезонансную томографию [15]), напротив, пара- H_2O не имеет магнитного момента; термы их вращательных переходов разные, изомеры орто- H_2O вращаются всегда, напротив, часть пара- H_2O не вращается и проявляет спиновую селективность связывания при гидратации неорганических [10] и органических соединений [43], а также биомолекул [27,44,45] и при образовании водородосвя-

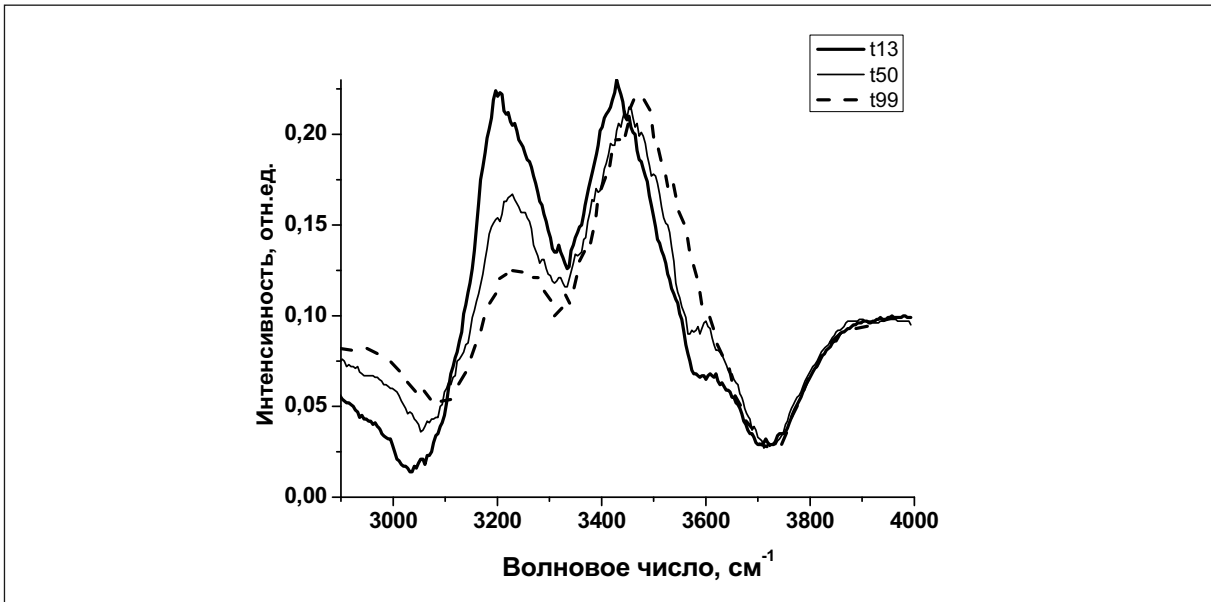


Рис. 2. Уменьшение вклада спектральной компоненты льда 3200 см⁻¹ в ОН полосу комбинационно-го рассеяния в воде с повышением температуры от 13 °C (толстая линия) до 50 °C (тонкая линия) и 99 °C (пунктир).

занных комплексов [46]; при этом близкорасположенные энергетические уровни орто и пара изомеров H₂O образуют смешанные квантовые состояния, вероятность спиновой конверсии в которых возрастает, например, при резонансной накачке электромагнитным излучением [12];

3. вода при комнатной температуре – неравновесная жидкость с отношением орто/пара = 1:1 [17], что соответствует спиновой температуре ~30 К и указывает на её перегрев (на 260-270 К), обеспечивая неустойчивость, изменчивость и нестабильность ее параметров, особенно при спиновой конверсии в неоднородном магнитном поле в присутствии, например, триплетного кислорода [47].

Тогда большой (до сотен нанометров) эффективный диаметр нанообъектов, обнаруженных Коноваловым с сотр. [3-6] в растворах низких концентраций энергетически выгоднее формировать в виде льдоподобных, водородосвязанных каркасов пара-изомеров H₂O [46]. Об этом свидетельствует уменьшение интенсивности линий пара-H₂O в спектре при гидратации белков [27] по мере их выбывания в связанное состояние с одновременным повышением числа орто-изомеров пропорционально интенсивности спектральной линии [27], которые могут локализоваться в каналах-конейнерах. Известно, что аномально большая электропроводность гексагонального льда обусловлена высокой подвижностью ионов H₃O⁺ в каналах кристаллической структуры льда I_h [37]. Физика явления обоснована квантовыми различиями иона H₃O⁺ (по «конфигурации максимальной плотности электронов») от иона OH⁻ [37]. Степень этих отличий оставляют иону H₃O⁺ единственную траекторию «движения по пустотам структур гексагонального льда, в то время как ион OH⁻ движется по каркасу водородных связей» [37] с меньшей скоростью. При этом двукратная разность подвижности ионов H₃O⁺ и OH⁻ может приводить к локальному разделению зарядов и формированию ζ-потенциала в окрестности концентраций с экстремум электропроводности [3-6]. Такой же механизм повышения электропроводности в растворах Коновалова возможен с увеличением диаметра наноассоциатов и протяженности каналов с льдоподобной структурой. При этом вращение орто-изомеров H₂O и увеличение их числа [27] способствует снижению гидродинамической вязкости раствора [24] и поверхностного натяжения при тех же концентрациях (см. рис. 12 из обзора Коновалова [48]).

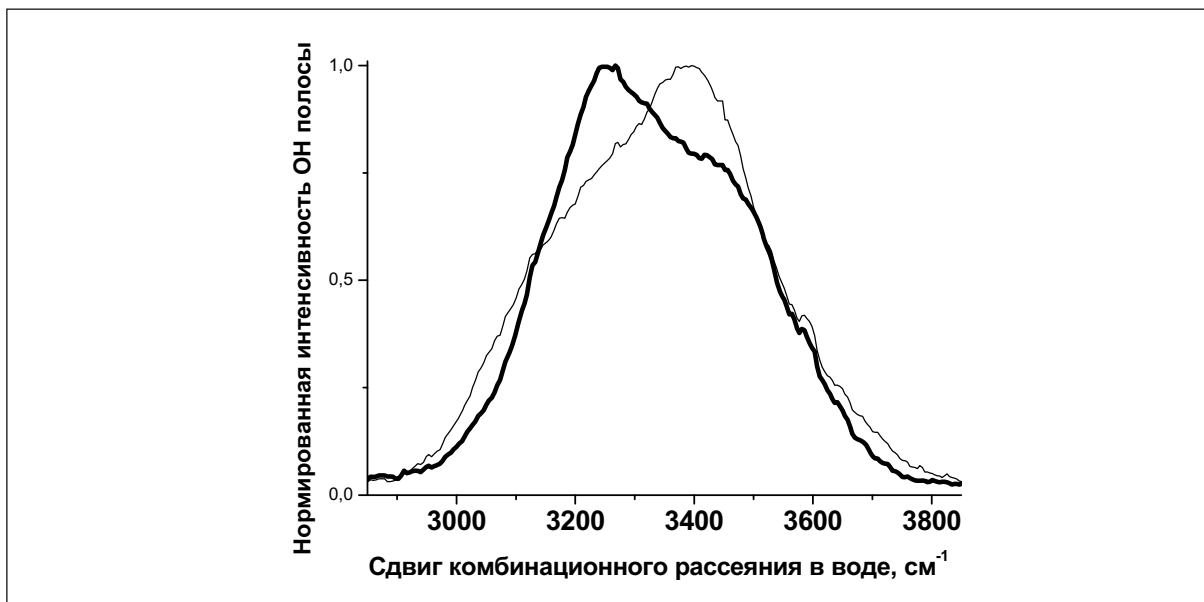


Рис. 3. Спектры комбинационного рассеяния в воде при комнатной температуре, записанные с интервалом 10 секунд

Кроме того, увеличение числа орто-изомеров H_2O при гидратации белков, измеренное нами ранее [27] по росту интенсивности линий, может обеспечить повышение биологической активности [1,3], которая коррелирует с увеличением диаметра наноассоциатов Коновалова [48], поскольку только вращающиеся мономеры H_2O проходят ключ-замок аквапоринового канала мембран [14,49] и, следовательно, в большей степени определяют биоактивность клетки, чем пара- H_2O , часть из которых не вращается и может быть связана в комплексы с другими молекулами.

Таким образом, учёт отличий спиновых изомеров воды, позволяет обосновать наблюдаемую Коноваловым корреляцию электропроводности и диаметра нанообъектов в растворах. Более того, физически ясно, что квантовые отличия двух спиновых изомеров H_2O и их соотношение должны проявляться в свойствах воды (растворов) после конденсации орто- и пара- H_2O по мере их спиновой конверсии при охлаждении воды и льда, поскольку в окрестности абсолютного нуля должны оставаться только пара-изомеры H_2O [47]. Известно, что спиновая конверсия относится к сверхтонким взаимодействиям с энергией $\sim 10^{-8}$ эВ ($\sim 10^{-5}$ см $^{-1}$ или $\sim 10^{-27}$ Дж) [10-14], что по порядку величины совпадает с зеемановским расщеплением в магнитном поле Земли. Это даёт основание ожидать проявление восприимчивости воды и водных растворов к слабым (сравнимым с магнитным полем Земли) электромагнитным воздействиям, например, к микроволновой (СВЧ) и ВЧ накачке смешанных состояний [12] (см. ниже) или конверсии спина в магнитном поле триплетного кислорода [47].

Отсюда следует, что экранировка ЭМП, например, в пермалловом контейнере [3-6,48] также будет влиять на свойства воды, поскольку снимается резонансная накачка смешанных квантовых состояний орто-пара изомеров H_2O [49] в широком (от кГц до ТГц) диапазоне частот. Такая экранировка от действия «слабых» ЭМП естественной (магнитные бури, колебания ионосферы и пр.) и антропогенной природы снижает вероятность орто-пара конверсии и формирование льдоподобных каркасов гидратации, что проявляется в подавлении эффекта Коновалова [48]. Это весьма значимый результат, который показывает, что амплитуда спонтанных квантовых флуктуаций спиновых состояний изомеров H_2O совместно с их термоиндуцированными столкновениями недо-

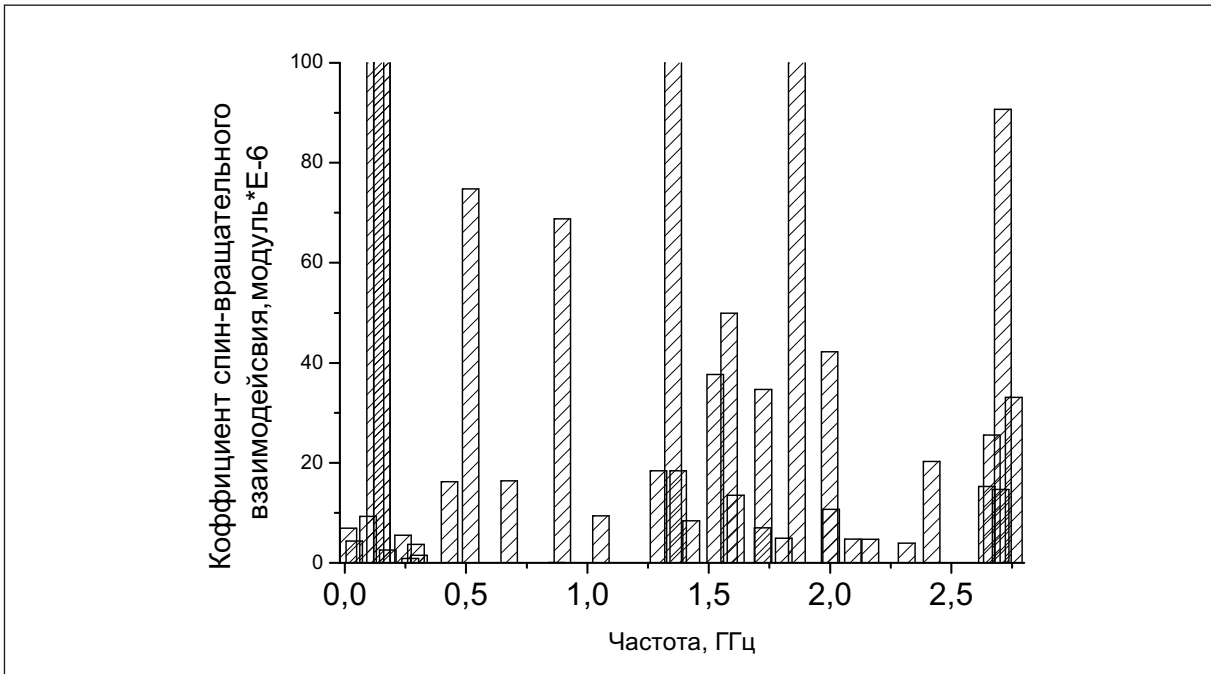


Рис. 4. Зависимость коэффициента спин-вращательного взаимодействия от частоты резонансов смешанных квантовых состояний в диапазоне от килогерц до гигагерц

статочны для обеспечения необходимой скорости конверсии в условиях экранирования (отсутствии «накачки» смешанных квантовых состояний «слабыми, шумовыми» ЭМП).

5. ВЧ и СВЧ резонансы смешанных квантовых состояний H_2O

Как было показано ранее [11-14, 50] энергетические уровни вращательных переходов спин-изомеров H_2O расположены весьма близко и образуют смешанные квантовые состояния с возможностью орто-пара конверсии. Так авторам работы [12] удалось управлять скоростью спиновой конверсии посредством сближения этих уровней в модулированном электрическом поле, используя эффект Штарка. В работе [51] провели анализ вращательных спектров изомеров H_2O и получили таблицы коэффициента спин-вращательного взаимодействия на частотах, которые определяются энергетическим зазором между близкими уровнями в смешанных квантовых состояниях орто и пара H_2O .

На рис.4 представлена зависимость этого коэффициента от частоты в ВЧ - СВЧ диапазоне (от кГц до нескольких ГГц). Из рисунка видно, что резонансную накачку [12] смешанных квантовых состояний, индуцирующую орто-пара конверсию, можно осуществлять во всем этом диапазоне. Здесь необходимо учесть, что эффект Штарка [12] будет смещать эти уровни и обеспечивать более полное заполнение некоторых «окон прозрачности». Следует отметить, что рабочие частоты средств мобильной связи 0.9 и 1.8 ГГц, а также бытовых СВЧ печей (2.45 ГГц) попадают в полосы резонансной накачки смешанных квантовых состояний орто и пара H_2O . Достаточно высокая спектральная плотность распределения (рис.4) коэффициента и малая энергия ($\sim 10^{-27}$ Дж) спин-вращательного сверхтонкого взаимодействия [10-14] даёт основание предполагать, что отклик на облучение растворов [52] слабыми низкочастотными ЭМП, которые помещались в соленоид в пермалловом контейнере, скорее всего, был обусловлен резонансной накачкой смешанных квантовых состояний. Несомненно, результаты этого эксперимента в условиях глубокой экранировки от действия внешних ЭМП на водный раствор в пермалловом контейнере указывают на присутствие в воде большого количества «резонансных приёмни-

ков», чтобы суммировать излучение соленоида. Из вышеизложенного следует, что такими «приёмниками» могут быть только молекулы-мономеры [53], а именно, орто-пара спин-изомеры H_2O , с узкими резонансами, поскольку сверхнизкая концентрация растворов варьировалась в пределах $10^{-12} - 10^{-18}$ М [52].

Здесь следует отметить, что многолетняя дискуссия [7, 8, 11-15, 18, 38, 41 и ссылки в них] о наличии мономеров H_2O в воде не отрицала их присутствия, а касалась только их количества (от 1% [54,55] до 10.5 % [56]) и места локализации [18, 26, 27, 36, 38]. Наша модель захвата и локализации мономеров в полостях льдоподобных каркасов хорошо согласуется с интенсивно обсуждавшейся ранее [38,57] моделью гидрофобных мономеров H_2O как самостоятельных химических единиц внутри льдоподобных каналов, в которых *все* водородные связи (ковалентные по своему характеру со свойством насыщения [57]) заняты. Недавно [58], на основе анализа данных, полученных современными методами терагерцовой спектроскопии воды и тяжелой воды (D_2O), была сделана оценка количества свободных мономеров от 10% (при температуре 5 °С) до 18% (при 50 °С).

6. Выводы

Проведенный анализ показывает, что свободные мономеры воды совместно с молекулами, связанными в динамические структуры, определяют её физические свойства. При этом метаболизм (транспорт воды через водные каналы аквапориновых белков мембран) в биологических объектах обусловлен преимущественно мономерами H_2O [59,60]. Однако заметим, что в работах [58-60], как и, в ранее упоминавшихся [18, 38, 52, 54-57], не были приняты во внимание квантовые различия спиновых изомеров H_2O и D_2O [11-15,], а также температурная эволюция их орто/пара отношения [17], которые позволяют обосновать ВЧ и СВЧ накачку смешанных квантовых состояний слабыми ЭМП.

Несомненно, предложенный подход требует разработки новых неинвазивных методов изучения роли сверхтонких взаимодействий, спиновой селективности при образовании комплексов и эволюции орто/пара отношения спиновых изомеров H_2O в физике водных растворов низких концентраций и взаимодействия с ЭМП. Из проведенного рассмотрения следует, что орто/пара отношение спиновых изомеров H_2O является ключевым фактором свойств воды, что согласуется с первым, насколько нам известно, теоретическим анализом роли магнитных взаимодействий и спиновых частиц (изомеров орто- H_2O) в формировании комплексов большого диаметра [61-62].

Работа выполнялась при частичной поддержке гранта РФФИ 11-02-00034а и гранта НШ № 214.2012.2, программы РАН «Спектроскопия и стандарты частоты», а также программы Президиума РАН №28 «Физика, химия и биология воды»

Литература

1. Бурлакова Е.Б., Конрадов А.А., Худяков И.В. // Изв. АН СССР. Сер. Биол. 1992. №2. С. 184-193; Белов В.В., Мальцева Е.Л., Пальмина Н.П., Бурлакова Е.Б. // ДАН. 2004. Т. 399. №4. С. 1-4.
2. Зубарева Г.М., Каргаполов А.В., Ягузинский Л.С. // Биофизика. Флуктуации коэффициентов пропускания воды и водных растворов солей в инфракрасной области спектра. 2003. Т.48. №2. С. 197-200.
3. Пальмина Н.П., Часовская Т.Е., Рыжкина И.С., Муртазина Л.И., академик Коновалов А.И. Водные растворы фенозана калия: влияние на структуру биологических мембран и электропроводность. // ДАН. 2009. Т. 429. №1. С. 128-131.
4. Коновалов А.И., Рыжкина И.С., Муртазина Л.И. и др. // Изв. АН. Сер. хим. 2008. № 6. С. 1207-1214.
5. Рыжкина И.С., Муртазина Л.И., Киселева Ю.В., Коновалов А.И. // ДАН. 2009. Т. 428. № 4. С. 487-491.

6. Рыжкина И.С., Киселева Ю.В., Тимошева А.П., Сафиуллин Р.А., Кадилов М.К., Валитова Ю.Н., академик Коновалов А.И. // ДАН. 2012. Т. 447. №1. С. 1-7. Труды международного конгресса «Слабые поля в биологии и медицине», Санкт-Петербург, июль 2012г.
7. Chaplin M., Water Structure and Science, www.btinternet.com/martin.chaplin/phase.html.
8. Френкель Я.И. Кинетическая теория жидкости, Л.: Из-во АН СССР. 1945.
9. Landau L.D., Lifshitz E.M. // Course of Theoretical Physics. vol. 3. Quantum Mechanics [third edition]. Oxford. Pergamon Press, 1980.
10. Tikhonov V.I., and Volkov A.A. // Separation of Water into Its Ortho and Para Isomers. Science. 2002. V. **296**. PP. 2363-2366.
11. Pershin S.M. // Coincidence of rotational energy of ortho-para molecules and translation energy near specific temperatures in water and ice. Phys. of Wave Phenomena, 2008, V. 16. # 1. PP. 15-25.
12. Nagels B., Calas N., Roozmond D.A., Hermans L.J.F., and Chapovsky P.L. // Level-Crossing Resonances in Nuclear Spin Conversion of Molecules, Phys. Rev. Lett., **77**(23), 4732-4735, (1996).
13. Pershin S. M. // Ortho/Para H₂O Conversion in Water and a Jump in Fluidity of Erythrocytes through a Microcapillary at the Temperature 36.6 +/- 0.3⁰C. Phys. of Wave Phenomena. 2009. V. 17. #4. PP. 241-250
14. Першин С.М. // Влияние квантовых отличий орто и пара спин-изомеров H₂O на свойства воды: биофизический аспект, Биофизика, **58**(5), 910-918, (2013).
15. S.M. Pershin, A.F. Bunkin, N.V. Anisimov, and Yu. A. Pirogov, Water Enrichment by H₂O *ortho*-Isomer: Four-Photon and NMR Spectroscopy, *Laser Physics*, **19**(3), 410–413 (2009)

RF&MW RESONANCES OF H₂O ORTHO-PARA SPIN-ISOMERS MIXING QUANTUM STATES AS A FACTOR OF INTERCONVERSION AND IMPACT ON BIO-OBJECTS

S.M. Pershin

PWave Research Center of Prokhorov general physics institute, Russian Academy of Sciences

pershin@kapella.gpi.ru

Received 24.03.2015

An increasing of electroconductivity simultaneously with increasing of nanoobjects diameter (decreasing of diffusion coefficient) in highly delution of aqueous solutions have been observed by A. Konovalov with colleagues recently. It was established that aqueous solutions which were subjected to shielding from electromagnetic fields (EMF) by permalloy container do not manifest these anomalous properties. The novel concept of water properties was proposed to understand these phenomena and observing paradox- electroconductivity growing vs diffusion coefficient decreasing. This concept includes the H₂O ortho-para spin-isomers quantum differences: spin-selectivity in formation of hydration layers of nanoobject and spontaneous transition to ice-like structure in water clusters, quantum beating and spin-conversion which can be induced by week EMF as a resonance pump in RF and MW range – which did not any time before. This concept is used to explain the transportation features of H₂O monomers through the cell membrane aquaporine channels. It is shown that the dipole key inside channel operates like valve which permeates only rotating H₂O. This mode is more convenient to H₂O ortho-isomer because it has no zero rotating quantum state. Moreover there are close locating quantum levels of ortho-para H₂O that are named as quantum mixing states to induce spin conversion process which can be pump by resonance EMF in RF and MW frequency range also.