

ВОДА КАК КИСЛОРОДНЫЕ ОБОЛОЧКИ В ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЕ

В.А. Резников

С-ПбГУ, E-mail: V.Reznikov@pobox.spbu.ru

Глобулярная организация $(\text{H}_2\text{O})_n$ -кластеров связывается с упорядочением молекул вокруг примесных центров (например, газогидраты, «тяжелые» ионы, молекулы кислорода или азота, гидроксоний) [1-3] и по Томсону следует из аномально низкой подвижности кластеров $\text{H}^+(\text{H}_2\text{O})_n$ в газовой фазе. В двухструктурной модели воды [4] глобулярная организация наиболее вероятна вокруг димера. Клатратная структура (витрон [5]) возможна для 20 и более взаимодействующих однотипных молекул вне зависимости от их состава вследствие уменьшения колебательной энергии в замкнутой системе. В клатратном $(\text{H}_2\text{O})_n$ -кластере положение 10 и более H^+ (при $n > 20$) не может быть строго фиксировано [2,6] вследствие перекрывания гибридизированных состояний при взаимосвязанных смещениях $(\text{H}^+)^-$ между атомами кислорода (вариант модели пространственной сетки Н-связей [7]). Следовательно, ароматический кластер представим как $\text{H}_n(\text{OH})_n$. Варианты модели глобулярной организации $(\text{H}_2\text{O})_n$ -кластеров - гидрофобная [8] и фуллереноподобная [9], также основанные на диполь-дипольном и Н- межмолекулярном взаимодействиях. Электронейтральность воды и существенная зависимость полярных свойств от внешних условий – характерные свойства гибких высокосимметричных оболочек, типичный пример которых фуллерены C_{60} . Как и в случае фуллеренов и порфиринов включение определенных металлоионов в объем $(\text{H}_2\text{O})_n$ -оболочек [10] или иных примесей в межглобулярное пространство повышает стабильность оболочек. Энергетическая корректность модели оболочек следует из сравнения низкоэнергетических электронных состояний (ЭС) C_{60} и ЭС наиболее вероятных элементов самоподобия в составе $(\text{H}_2\text{O})_n$ -кластеров [11,12]. Отличительное свойство фуллеренов – коллективизированные ЭС. Формульный принцип построения структурных моделей основан на ковалентном типе О-Н взаимодействия и незначительном отклонении состава воды (льда) от стехиометрического [3,4,8,9,13]. Совмещение в надмолекулярных кластерах ковалентного взаимодействия в (О-Н)-группах и межмолекулярных Н-взаимодействий предполагает одновременную переориентацию большого числа молекул (вне зависимости от фазового состояния) с частотой смещения протонной плотности и не равноценность низкоэнергетических возбужденных состояний кислорода. Прямые следствия модели молекулярных ассоциатов формульного состава – пространственная стехиометрия конденсата и паровой фазы, а также динамическое равновесие различных по геометрии и составу $(\text{H}_2\text{O})_n$ -оболочек (мерцающие кластеры), что предполагает изменение координации кислорода. В то же время, обратимость фазовых переходов I-рода при фиксированных температурах естественна для стабильных молекулярных ассоциатов. Стехиометрия по отношению к формульному составу отнюдь не следует из условий синтеза воды в природе [14] или техническими методами и плохо согласуется с существованием различных продуктов взаимодействия кислорода и водорода. В то же время если глобулы $\text{H}_{n-x}(\text{OH})_n$ – элементы самоподобия [9], то ковалентный тип взаимодействия в (О-Н)-группах, стехиометрия состава, взаимосвязанная переориентация большого числа молекул и не равноценность ЭС кислорода не обязательны, т.к. Н-взаимодействие может относиться к взаимосвязанным внутри- и межглобулярным делокализованным H^+ . Низкий потенциал электролитической диссоциации номинально чистой воды (~1,2 В/см) и присутствие молекулярного водорода в паровой фазе при термическом испарении допускают анизотропию распределения водорода вплоть до уровня элементов самоподобия.

Вариантом энергетической оценки корректности оболочечной модели ЭлС воды может быть сравнительная оценка низкоэнергетической ЭП воды и совместного $(\text{O}_2\text{-H}_2)$ -конденсата, т.к. оптическая плотность (n) воды совпадает с оптической плотностью совместного конденсата кислорода и параводорода вблизи их температур кипения при нормальном давлении [15]. Относительно высокая плотность совместного $(\text{H}_2\text{-O}_2)$ -конденсата при тех же условиях ($\rho \approx 1,213\text{-}1,225 \text{ г/см}^3$) предполагает наличие в оболочках полости в пределах ~15-18% при незначительной межглобулярной пористости. В подобной модели сохранение интегральной величины n возможно при увеличении оптической плотности оболочки, (образованию продуктов взаимодействия в условиях всестороннего сжатия). При криогенных температурах плотность аморфного льда, полученного в условиях всестороннего сжатия ($\rho \approx 1,25 \text{ г/см}^3$), или льда V ($\rho \approx 1,231 \text{ г/см}^3$) [16,17] коррелируют с плотностью конденсата кислорода и параводорода [15]. Большая плотность льда VI

($\rho \approx 1,31 \text{ г/см}^3$ [16,17]) соответствует увеличению плотности кислородного конденсата на 1/16 (масса OH-группы) при изменении плотности водородного конденсата до $\rho \approx 0,073 \text{ г/см}^3$ (отоводород) [15], что соответствует относительно большому времени жизни $(\text{H}^+)^-$ и согласуется с аномально большой диэлектрической проницаемостью льда VI ($\epsilon = 193$ [17]).

В конденсированной фазе ароматические кластеры устойчивы при размерах $\sim 1-3 \text{ нм}$ [18]. В рамках модели $\text{H}_n(\text{OH})_n$ -оболочки с тетраэдрической координацией кислородных атомов (ближайший аналог молекулы S_8 – структурная единица черенковой β -серы [19]) при толщине оболочки $3,5 \pm 0,3 \text{ \AA}$ [3] плотность оболочки $\rho \sim 1,2 - 1,24 \text{ г/см}^3$. Организация $(\text{OH})_n$ -оболочки и корреляция плотности $(\text{H}_2\text{-O}_2)$ -конденсата с $\text{H}_{n-x}(\text{OH})_n$ -конденсатом возможна при коллективной молекулярной организации продуктов взаимодействия компонент и может происходить аналогично организации оболочек в макро- или наночастицах из однотипных молекул по механизму пар-жидкость кристалл [20,21], где устойчивость объемных ароматических кластеров из 20 и более структурных единиц определяется возможностью организации коллективных колебательных и ЭС. Термическое изменение плотности $(\text{H}_2\text{-O}_2)$ -конденсата коррелирует с термическим изменением плотности воды между точками фазового перехода I-рода. По пролонгированию зависимости температур плавления и кипения гидридов VI и VII групп таблицы Д.И. Менделеева [23,24] вода проявляет свойства однокомпонентного конденсата [3,22] с молекулярной массой структурных элементов >400 . Качественная оценка массы $(\text{H}_2\text{O})_n$ -оболочек согласуется с аномально высокой концентрацией кластеров $(\text{H}_2\text{O})_{20-32}$ в составе паровой фазы по данным массспектрометрии [25]. Распространение упругой волны (скорость звука) в воде и ртути эквивалентны (1490 и 1453 м/с). В то же время, не монотонная температурная зависимость объемной прочности воды не характерна для простых жидкостей и наблюдается в смесях полярная - не полярная жидкость (например, сероуглерод - алканы) [26]. В рамках оболочечной геометрии элементов самоподобия и электронейтральности воды такими субстанциями могут быть лишь изменяющие свою полярность гибкие оболочки, в окружении сетки делокализованных $(\text{H}^+-\bar{e})$ переменной плотности. Упругость конденсата оболочек в связующем водороде сохраняется вследствие аномально высокой упругости последнего в газе и жидкости ($v = 1286 - 1300 \text{ м/с}$ [15], которая возрастает при организации водорода). Модель оболочек в Н-конденсате согласуется с аномально высокой упругостью льда-1h и микрокапель воды [17]. Среди жидкостей лишь ртуть и глицерин имеют больший чем у воды объемный модуль упругости [26].

Характеристика вещества – взаимосвязанное распределение ядерной и низкоэнергетической электронной плотностей (ЭП) и выражается соотношением n/ρ . Действительно, близкая к линейной зависимость $(n/\rho) = f(\rho)$ выполняется для широкого класса материалов, а отклонения связаны с пористостью (опалы, цеолиты) и/или включением «тяжелых» примесей [27]. В случае жидкостей линейная зависимость $(n/\rho) = f(\rho)$ выполняется до $n/\rho = 1,3-1,4$ куда попадает вода и лед-1h. Показатели n/ρ не полярных и слабо полярных жидкостей лежат на одной кривой, которая по отношению к зависимости n/ρ твердых тел отвечает большей пористости жидкостей (увеличение межмолекулярного расстояния до $\sim 5\text{\AA}$). Показатели n/ρ полярных жидкостей расположены вдоль прямой, проходящей между зависимостями n/ρ твердых тел и не полярных жидкостей. На этой кривой расположены значения n/ρ жидкостей с выраженными кислотными свойствами (уксусная, муравьиная и др.), а также вода, лед-1h и перекись водорода ($\text{pH} = 2,0-2,5$). Тем самым, лед-1h - пористая структура из элементов самоподобия воды, но не молекул H_2O , вследствие больших величин n/ρ жидкостей с близкими значениями ρ и ϵ . Как и для кислот в переходе лед \leftrightarrow вода существенно перераспределение плотности делокализованных Н-атомов (Н-проводимость льда [3,16,17]), не следующее из формульной организации: $(\text{H}_2\text{O})_n$ -кластеры.

Перераспределение плотности Н-конденсата при фазовых переходах следует из энергетических оценок ЭС воды по наиболее вероятным моделям регулярных молекулярных центров (РМЦ) [28]. Помимо собственных колебательных и ЭС воды в основу энергетических оценок положены колебательные и ЭС её компонент для нейтральных и ионизованных молекул. Один из выводов работы "Вода как организованная плазма" – наличие единой для кислорода и водорода подсистемы коллективизированных ЭС [28] для динамически равновесных ионизированных кислородно-водородных центров в обеспечивающем Н-взаимодействие статистически диссоциированном организованном Н-конденсате. По этой модели скрытая теплота парообразования включает энергию разрыва коллективизированных Н-связей между оболочками ($E_n = 153 \text{ мэВ}$) и энергию делокализации ЭС ($E^\circ = 0,239 \text{ эВ}$) [28].

Такая модель выражена переходом $E_B H_2^+ \uparrow E_A H^+$ ($\Delta E = 0,388$ эВ), где декремент в 32 см^{-1} отвечает не учтенной энергии в коллективных переходах $H^+ \leftrightarrow H^0$ [28] (E_A – энергия сродства к электрону, E_B – энергия связи). По другой модели энергию испарения можно характеризовать переходом $E_A (H_2O)_n \uparrow \{E_A H^0 - 536 \text{ см}^{-1}, E_A (2H)^+ - 160 \text{ см}^{-1}\} = 0,392 \text{ эВ} + 64 \text{ см}^{-1}$, где 64 см^{-1} – высвобождаемая энергия вращения при разрыве Н-связей, которая может относиться лишь к оболочкам. Здесь целесообразно отметить, что энергия вращения высокосимметричных молекул C_{60} с ван-дер-ваальсовым диаметром $\sim 10 \text{ \AA}$ отличается в пределах $1-2 \text{ см}^{-1}$. Та же величина может быть получена и в рамках возбужденного состояния оболочек, а именно: разность между энергиями коллективизированными ЭС оболочек $E_B H_2 - 1632 \text{ см}^{-1}$ и возбужденными электронно-колебательными состояниями парных О-центров в составе оболочек ($E_B O_2^- - 1912 \text{ см}^{-1}$), где дисбаланс в 160 см^{-1} соответствует разрушению коллективных трансляционных колебаний между оболочками за которые отвечают центры $(2H^+)$ [28,29]. Модель $H_{n-x}(OH)_n$ -оболочек в Н-конденсате корректна если при испарении межглобулярный водород входит в состав оболочек. Так переход $E_A (H^0 \leftrightarrow H^+) - 32 \text{ см}^{-1} \uparrow E_A (H_2O)_n \Delta E = 1596 + 44 \text{ см}^{-1}$ по основной величине ΔE относится к отдельной частице, в которой ЭП совокупности ($H^0 \leftrightarrow H^+$) смещается на низкоэнергетический уровень $(H_2O)_n$. Модели переходов в спектрах паров воды, например полос с максимумами 0,898-0,899 и 1,299 эВ [28], отвечают донорно-акцепторному типу взаимодействия $H_{n-x} - (OH)_n$.

В тетраэдрической координации кислорода оболочка из чередующихся молекулярных центров $(-O - H^+ - O)^-$ становится более устойчивой за счет О-О и $(H^+ - H^+)^-$ взаимодействий: динамически равновесное состояние $E_B(O-O) = 2,195$ эВ и $\bar{E}\{E_B H_2^+, E_B(2H^+)\} = 1,8905$ эВ $\rightarrow E_B = 2,0427$ эВ с точностью $\Delta E = 0,7$ мэВ совпадает с динамически равновесным состоянием протонов $(H^+)^-$, делокализованных между атомами кислорода в составе ОН-оболочки $\bar{E}(E_A OH, E_A H^+)$, при этом $E_B(O-O) - \bar{E}(E_A OH, E_A H^+) = E_H$ [28]. Аналогичные смещения:

$$\bar{E}\{E_B(H_2 \leftrightarrow H_2^+), E_A(2H^+)\} - E_B(O-O) = E_H \text{ и}$$

$$\bar{E}(E_B OH, E_A H^+) - \bar{E}\{E_B O_2, E_A(H^0 \leftrightarrow H^+) - 32 \text{ см}^{-1}\} = E_H \text{ отражает равновесие Н-конденсата на}$$

поверхности регулярных $(-O - H^+ - O)^-$ -центров, тогда как $E_B OH - \bar{E}\{E_B(H_2 \leftrightarrow H_2^+), E_A(2H^+)\} = 2,348$ эВ означает, что электронный переход между ОН-центрами и Н-оболочкой энергетически эквивалентен статистически диссоциированным парами $H_2 \leftrightarrow (H^+ - H^+)^-$.

Отличие совокупности парных $(H^+ - \bar{e})$ от совокупности $(H^+ - \bar{e})$ в составе $(-O - H^+ - O)^-$ -центров в коллективизации ЭС: $E_B(H_2 \leftrightarrow H_2^+) - \bar{E}(E_B OH, E_A H^+) = 0,239$ эВ ($1904 + 8 \text{ см}^{-1}$).

В общем виде модель конденсата попарно взаимосвязанных $(H^+ - \bar{e})$ на поверхности кислородно-водородной оболочки с попарно взаимодействующими О-атомами:

$$E_B O_2 - E_A H_2 = E_B OH - 64 \text{ см}^{-1} \leftarrow \text{вращение оболочки } H_{n-x}(OH)_n$$

$E_B H_2 - (536 + 184) \text{ см}^{-1} = E_B OH$. Следовательно, $E_B H_2 O = E_B O_2$ относится к надмолекулярным центрам и включает повышение ЭП коллективизированных (О-О)-пар в за счет смещения ЭП от парных $(H^+ - \bar{e})$ -центров на энергетический уровень $E_A O_2$, что и соответствует конденсату O_2 в H_2 . При "мягком" разделении оболочек происходит выравнивание ЭП между ОН-оболочкой и Н-конденсатом за счет увеличения плотности последнего на $E_H = E_B H_3$, однако в составе Н-конденсата энергия связи между попарно организованными $(H^0 \leftrightarrow H^+)$ повышается на $E^0 = 0,239$ эВ. В случае "жесткого" разделения оболочек возможен отрыв H_x с поверхности возбужденных оболочек. При условии перераспределения ЭП в сторону $E_A O_2$ величина (x) определяется $E_A O_2 / E_A H_2 = 1,21$ и для $(H_2O)_{20}$ $x = 2$. Элементарный кластер с коллективизированными ЭС на поверхности акцепторного центра – H_6 [30]. Следовательно, возбужденный $H_{n-x}(OH)_n$ -кластер сохраняет свойства элемента самоподобия при $n-x = 6$, что отвечает упомянутым $(H_2O)_{24}$, $(H_2O)_{28}$, $(H_2O)_{32}$, где последний оптимален и по размеру полости относительно диаметра оболочки. Так повышение концентрации H_2O_2 в воде при высокочастотном радиоизлучении возможно за счет взаимодействия растворенного кислорода с Н-конденсатом.

Энергия связи РМЦ оболочки коррелирует с энергией связи LiH [23] – ионный тип взаимодействия. Энергию связи делокализованных $n(H^+)^-$ с кислородно-водородной оболочкой можно оценить как сумму энергии сродства либрационного состояния ($E_A H^0 - 536 \text{ см}^{-1}$) и энергии водородной связи $E_H = 153$ мэВ [28,29], что энергетически отвечает донорно-акцепторному типу взаимодействия. Суммарная энергия связи (О- $H^+ - O$)-центров и энергии связи Н-слоя с оболочкой на 544 см^{-1} смещена относительно $\bar{E}(E_B OH, E_A(H^0 \leftrightarrow H^+)) = 2,949$ эВ [12], где $\omega = 544 \text{ см}^{-1}$ аналогичная либрация H^0 в попарно взаимосвязанных $(H^+ - \bar{e})$ между оболочками.

Одна из характеристических полос паров воды $5200 - 5500 \text{ см}^{-1}$ имеет три максимума ~ 5260 , ~ 5330 и $\sim 5490 \text{ см}^{-1}$ [31], смещенные на частоту вращательных и трансляционных колебаний

межглобулярного Н-конденсата. Наибольшее значение максимума отвечает делокализованным H^0 - ω . Аналогичная полоса 5180-5250 присутствует в ИК-спектрах воды, где интегральное термическое смещение максимума коррелирует с изменением kT , следовательно, эта полоса относится к подвижным структурным единицам воды, которые в паровой фазе включают трансляционное и вращательное колебания, присущие лишь оболочечным (глобулярным) кластерам. Смещение между максимумами $\sim 5185 \text{ см}^{-1}$ [3] и $\sim 4975 \text{ см}^{-1}$ (частицы льда) [31] соответствует $kT=26 \text{ мэВ}$ ($\sim 0^\circ\text{C}$), тогда как смещение между максимумами $\sim 5185 \text{ см}^{-1}$ и $\sim 5490 \text{ см}^{-1}$ соответствуют kT для паровой фазы (35,5 мэВ) при энергетическом декременте спинового состояния атомарного водорода $\Delta\omega = 21 \text{ см}^{-1}$. Вкупе с моделью электронно-колебательного состояния $0,686 \text{ эВ}$ (5488 см^{-1}) H^0 , а также моделью перехода $\Delta E = 0,622 \text{ эВ}$ [28] правомерно допустить взаимосвязь полосы $5200 - 5500 \text{ см}^{-1}$ с делокализованными атомами водорода на поверхности оболочки $H_{n-x}(OH)_n$, что может быть выражено переходами:

- а. $E_B H_2O \uparrow E_B OH \rightarrow \Delta E = E_a H^0 - 544 \text{ см}^{-1} + kT$ (26 мэВ) или
 в. $E_B H_2O \uparrow E_B H_2 - 544 \text{ см}^{-1} = E_a H^0 + 32 \text{ см}^{-1}$ и с. $E_B H_2O \uparrow E_B H_2 - 1596 \text{ см}^{-1} = E_a H^0 + 544 \text{ см}^{-1}$

Аналогичные переходы в воде:

- а. $E_B H_2O \uparrow E_B H_2 - 544 \text{ см}^{-1} \rightarrow \Delta E = E_a H_2 - kT$ и $E_a H_2 - 544 \text{ см}^{-1} = 5208 \text{ см}^{-1}$ (29 мэВ $\rightarrow 31,5^\circ\text{C}$)
 в. $E_B H_2O \uparrow E_B H_2 - 536 \text{ см}^{-1} \rightarrow \Delta E = E_a H_2 - kT$ и $E_a H_2 - 536 \text{ см}^{-1} = 5216 \text{ см}^{-1}$ (30 мэВ $\rightarrow 42^\circ\text{C}$)

В области фазового перехода лед \leftrightarrow вода более вероятен переход на коллективизированную Н-подсистему по модели $E_B H_2O \uparrow E_B H_2 \rightarrow \Delta E = E_a H_2 - kT = 5184 \text{ см}^{-1}$ (26 мэВ, 0°C).

Температура $31,5^\circ\text{C}$ - наименьшая растворимость газов в воде, а 42°C - наименьшая изотермическая сжимаемость воды [3]. Тем самым, дополнительно подтверждается взаимосвязь колебательных и ЭС компонент воды и её компонент. Согласно рассмотренной модели полосы $5180 - 5250 \text{ см}^{-1}$ линейная температурная зависимость энергии перехода [32] может нарушаться при kT , совпадающих с резонансом колебательных состояний связующей водородной подсистемы (одно из основных свойств плазмы). К подобным колебаниям относятся трансляционные колебания делокализованной Н-подсистемы оболочек, взаимосвязанные с $(H^+)^-$ в составе регулярных (O- H^+ -O)-центров и, как следствие, включающие спиновые переходы (21 см^{-1}). В этой связи экспериментальная частота трансляций $\omega = 184 \text{ см}^{-1}$ предполагает включение (резонанс) колебательных состояний во взаимосвязанной подсистеме $O_2 \leftrightarrow O_2^+$ с суммарной величиной $\omega \sim 3 \text{ см}^{-1}$ [33]. Так резонанс трансляций делокализованных H^0 с колебательными переходами $H^0 \leftrightarrow H^+$ до момента образования парных коллективных Н-связей ($\omega = 184 + 32 \text{ см}^{-1}$) характеризует область ($10,5^\circ\text{C}$) наибольшей объемной прочности воды [26]. Резонанс трансляционных колебаний в составе конденсата и вращательных колебаний оболочки $\omega = 224 \text{ см}^{-1}$ (21°C) соответствует известному колебательному состоянию в воде [3] и полосе льда-1h [34].

Равновесие оболочек в Н-конденсате предполагает их водородоподобие. Критерии водородоподобия [28]: кратное изменение энергии сродства к электрону при изменении числа Н-атомов в составе регулярного центра, трехкратное увеличение энергией сродства к электрону однозарядных центров и гибкая форма оболочки. Первый критерий выражается соотношением энергетических характеристик элементарных структурообразующих компонент воды:

$\{E_B H_2, E_a(2H)^+\} / E_a H^+ / E_a OH / E_a O^0 = 1,2414928$ (k), где при переходе от $E_a H^+$ к статистически диссоциированной молекуле необходима поправка на изменение спина $\omega = 21 \text{ см}^{-1}$.

Кратное изменение ЭП выполняется и для основных моделей регулярных молекулярных центров (РМЦ), как суперпозиции элементарных РМЦ:

$$E_B \{(O-O), O_2^-\} / \bar{E} \{E_B(H_2 \leftrightarrow H_2^+), E_a(H^0 \leftrightarrow H^+)\} / \bar{E} \{E_a(OH, H^+)\} \quad (2), \text{ где в переходе от}$$

$\bar{E}(E_a OH, E_a H^+)$ к иной модели статистически диссоциированной молекулы H_2 необходимо учитывать колебательный переход с $\omega = 10-11 \text{ см}^{-1}$ [19]. В рамках этой модели ОН-группу можно рассматривать как O^+ с атомарной массой O^{17} : $(O^+)^- = 3(E_a O^0 - 32 \text{ см}^{-1}) = E_a OH$.

Из водородоподобия ОН-группы следует водородоподобие электронно-колебательного состояния центра $(OH-H^+)^-$ по отношению к электронно-колебательному состоянию $E_a H^0 - 544 \text{ см}^{-1}$: $E_a(OH, H^+) - 128 \text{ см}^{-1} = 3(E_a H^0 - 544 \text{ см}^{-1})$. Колебательный переход $\omega = 128 \text{ см}^{-1}$ можно рассматривать как резонансное удвоение частоты [29] вращения двух взаимодействующих оболочек состава $(OH-H^+)$.

Высокоэнергетическое ЭС того же центра смещено может быть представлено:

$\bar{E}(E_B OH, E_a H^+) + 44 \text{ см}^{-1} = 3(E_a H^0, O^0) = \bar{E}(E_B H_2 - 544 \text{ см}^{-1}, E_a H^+) - 2 \cdot 44 \text{ см}^{-1}$, которое указывает на парный протонный обмен в составе оболочки ($2 \cdot 21 + 1,678 \text{ см}^{-1}$ [33]), где $\bar{E}(E_B H_2 - 544 \text{ см}^{-1}, E_a H^+)$ возбужденные ЭС оболочки при её взаимодействии со связующими $n(H^+)^-$.

Тем самым, энергетический критерий водородоподобия выполняется и для центров состава $(\text{OH}^- \text{H}^+)_n$, которые с точностью до колебательных переходов в парных Н-центрах энергетически эквивалентны коллективизированным парам $\text{H}_2 \leftrightarrow (\text{H}^+ \text{H}^+)^-$.

В составе Н-конденсата энергетический критерий водородоподобия организованных $(\text{H}_2\text{O})_n$ -кластеров: $3E_a(\text{H}_2\text{O})_n = E_b\text{O}_2^- - 1648 \text{ см}^{-1}$.

Электронно-колебательное состояние $E_b\text{H}_2 - 544 \text{ см}^{-1}$ Н-конденсата на поверхности оболочки смещено относительно $E_b\text{OH}$ и равновесного ЭС $E_b\text{OH} \leftrightarrow E_b\text{H}_2$ на $\omega = 184 \text{ см}^{-1}$, а

$\bar{E}\{E_b\text{OH}, E_a\text{H}^+\} - \bar{E}\{E_b\text{O}_2, E_a(\text{H}^0 \leftrightarrow \text{H}^+)\} = 184 \text{ см}^{-1}$ – распределение ЭП при смещении атома водорода между попарно взаимодействующими атомами кислорода с точностью до трансляционных колебаний Н-подсистемы в составе оболочки эквивалентно распределению ЭП между ОН-группами, связанными водородом.

Суперпозиция либрационных колебаний водорода в составе оболочек и связующего Н-конденсата с точностью до прецессионных смещений энергетически соответствует $E_n = 153 \text{ мэВ}$, следовательно, Н-взаимодействие следует рассматривать как резонанс делокализованных $(\text{H}^+)^-$.

Список литературы

1. Pauling L. // Chim. Phys., v.46(2), p.435-441, (1949).
2. Bernal J.D. // Nature, v. 183, p.141-146, (1959).
3. Эйзенберг Д., Кауцман В. Структура и свойства воды, Л., Гидрометеиздат, (1975), 280 с.
4. Маленков Г.Г., Самойлов О.Я. // Ж. структ.хим., (1965), в.6, с.9-20.
5. Tiltjn L.W. // J. Res. Nat. Bur. Stand., v.59, p.139, (1957).
6. Стаханов И.П. О физической природе шаровой молнии, Энергоатомиздат, 209 с., (1985).
7. Родникова М.Н. // ЖФХ, т.67(2), с.275-280, (1994).
8. Зенин С.В., Тяглов Б. В. // ЖФХ, 68(4), 636-641 (1994).
9. Chaplin M.F. // Biophys. Chem., 2000, 83, 3, 211-221.
10. Белов Н.В. Кристаллохимия силикатов с крупными катионами, АН СССР, 67 с., (1961).
11. Резников В.А., Мат. конф. Химия высокоорганизованных веществ, СПбГУ, (2004), с.283-285.
12. Резников В.А., Мат. Сем. "Экология и космос", С-ПбГУ, с.101-103, (2004).
13. Дерягин Б.В., Чураев Н.В., Новые свойства жидкостей, Наука, 1971, 176 с.
14. Дерпгольц В.Ф., Вода во вселенной, Л, Недра, (1971), 223 с.
15. Справочник по физико-техническим основам криогеники под.ред. М.П. Малкова, Энергоатомиздат, 431 с., (1985).
16. Желиговская Е.А., Маленков Г.Г. // Усп. Химии, т. 75 (1), с.64-85, (2006).
17. Маэно Э. Наука о льде, Мир, 229 с., (1988).
18. Robinson N.A. // J. Phys/ Chem.Solids, v.26, p.209-217, (1965).
19. Щукарев С.А. Неорганическая химия, т.2, Высш.шк., 1974, 382 с.
20. Асхабов А.М. // ФТТ, т. 47 (6), 1147-1150.
21. Резников В.А., Т.Э. Кехва, Б.Т. Плаченнов // Письма ЖТФ, т.16 (22), с.1-5, (1990).
22. Зацепина Г.Н., Свойства и структура воды, МГУ, 167 с., (1974).
23. Свойства неорганических соединений, под ред. Ефимова А.И. и др., 1983, Химия, 392 с.
24. Наберухин Ю.И. // СОЖ, (1996), с. 41-48.
25. Searcy I. Q., Fenn J.V. // J. Chem.Phys., v.61, p. 5282-5288, (1974).
26. Корнфельд М. Упругость и прочность жидкостей, Изд. технико-теоретич. лит., 107 с., (1951).
27. Резников В.А., Мат.межд.сем. "Кварц, Кремнезем", 2003, Сыктывкар, с.251-252; Мат.П. сов. "Органическая минералогия", 2005, Петрозаводск, с.56-59.
28. Резников В.А. // Созн. и физ. реальность, (6), с.35-41, (2005); Резников В.А., IX межд. конф. по ГРВ биоэлектрографии, С-ПбГ, (2005), с.188-194.
29. Резников В.А., Сознание и физическая реальность, (4), с. 20-26, (2005).
30. Резников В.А., Сознание и физическая реальность, (3), с. (в печати), (2006).
31. Larson N.P., Fink V. // Appl.Spectr. 1977, 31.с.386-397.
32. Яковенко А.А., Яшин В.А., Ковалев А.Э., Фесенко Е.Е. // Биофизика, 2002, т.47, в.6, с.965-969.
33. Смирнов Б.М., Яценко А.Ц. // УФН, 1996, т. 166, №3, с. 242.
34. Желиговская Е.А., Маленков Г.Г. // Усп. Химии, т. 75 (1), с.64-85, (2006).