

«Истина проходит через три стадии:
сначала ее высмеивают,
потом ей яростно сопротивляются –
и, наконец, принимают как очевидное»
Будда

1. ВОДА И ЕЕ СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ



Слесарев Валерий Иванович

д.х.н., профессор.

Международный Университет Фундаментального Обучения,
Санкт-Петербург, <http://slesarev.su/>, valivsles@yandex.ru, моб.
+79219820458

ВОДА – великий дар природы, подаренный нашей Земле, благодаря которому на ней сформировалась БИОСФЕРА. Именно в воде зародилась жизнь и без воды она невозможна. Связь между водой и жизнью четко подметил и образно сформулировал великий Леонардо да Винчи: «От воды все в мире живо, жизнь – это одушевленная вода». В организме растений и животных воды (по массе) содержится 50–99 %. Так, в медузе воды – 99 %, в трехдневном человеческом зародыше воды содержится – 97 %, в теле новорожденного – 80 %, а у взрослого человека доля воды в организме составляет от 70 до 50 %, в зависимости от его возраста, причем, у мужчин, в среднем, на 5–7 % воды больше, чем у женщин. В организме человека 60–70 % воды приходится на внутриклеточную жидкость, а остальная часть – на внеклеточную или межклеточную жидкость, которую подразделяют на *внутрисосудистую*, *интерстициальную* (межтканевую) и *трансселлюлярную жидкости*. Соотношение (в %) между ними примерно 18:70:12, соответственно. Потребность в воде взрослого человека в день составляет 35 г на 1 кг массы тела, а грудного ребенка – в 3–4 раза больше. Без воды человек может прожить не более недели, а без питательных веществ – в десять раз дольше.

Несмотря на важность приведенных фактов для биологии, лауреат Нобелевской премии А. Сент-Дьерди [14] точно подметил существующий парадокс: «Биология забыла о воде подобно тому, как может позабыть о ней глубоководная рыба». Явным подтверждением справедливости этих слов и в наше время является отсутствие статьи «Вода» в Энциклопедическом словаре по биологии, изданном в 1992 г. в Москве. Подобно биологам, микробиологам, физиологам, врачам и ветеринарам, к сожалению, также не уделяют должного внимания роли воды в организме, что необходимо срочно исправлять. К сожалению, и физики и даже химики до сих пор не уделяют внимания многогранному описанию ВОДЫ и поэтому сегодня практически нет определения, что такое ВОДА? Объект, с которым человечество столкнулось с момента своего появления, до сих пор не имеет четкого научного определения. Поэтому первая проблема – это определение ЧТО ТАКОЕ ВОДА. В следующем разделе будут даны определения понятиям ВОДА и ее истинным и коллоидным растворам, а также биосистемам.

Остановимся на второй проблеме воды, которая связана не с ее природной загадочностью, а с терминологической вакханалией вокруг воды как в научной, учебной литературе, так и в других источниках, где она фигурирует. Непонятные свойства воды часто объясняют не до конца понятиями терминами. В литературе при описании загадочности и таинственности воды используют много различных неподходящих терминов *структурированная* и *деструктурированная вода*, *кристаллическая структура воды* или *ее кластеров*, *кристалл*, *псевдокристалл*, *жидкий кристалл*, *коллоидная система*, *гель*, *гидрогель*, *полимер*, *информационно-фазовое* или *энергоинформационное состояние*.

Весь двадцатый век и до настоящего времени идут споры о структуре воды, но при этом в основном превалирует двухструктурная модель: «структурированная» и «деструктурированная» вода. Термин «структурированная вода» широко используется в рекламе для привлечения

покупателей. В настоящее время, благодаря расчетам по методам молекулярной динамики и Монте-Карло твердо установлено, что вода в конденсированных состояниях всегда имеет единую, тетраэдрическую и очень динамичную Н-сетку [2,8 –11]. В воде нет свободных молекул H_2O или отдельных ее межмолекулярных образований. Причем понятие «структура», естественно, может относиться только к Н-сетке, но не к воде. Поэтому термин «структурированная вода» с позиции науки – абсолютно неправильный, в то же время, деструктурированной сетки водородных связей в воде быть не может, следовательно, «деструктурированной» воды в природе нет.

Термины: *кристаллическая структура воды или ее кластеры и даже псевдокристалл* можно использовать только для статичных систем, поэтому они никак не подходят для описания жидкой и парообразной воды, в которых Н-сетка чрезвычайно структурно динамична.

Термины *жидкий кристалл* или *жидкокристаллическое состояние* также нельзя применять к воде, так как молекула H_2O настолько мала по размерам ($d \approx 0,28$ нм), что ее никак нельзя назвать явно анизометричной и дифильной. Поэтому она не может находиться в *жидкокристаллическом состоянии*, которое ультрамикрорегулярное и характерно для коллоидных расплавов или растворов веществ, молекулы которых явно анизометричны и дифильны. Именно эта особенность строения молекул подобных веществ обуславливает их постепенное плавление от температуры начала плавления до температуры конца плавления. Вода кристаллизуется, а лёд плавится четко при $0^\circ C$. Следовательно, у воды нет *жидкокристаллического состояния* и ее нельзя называть *жидким кристаллом*.

Называть воду *коллоидной системой, гелем* или *гидрогелем* нельзя, так как она не гетерогенна, а гомогенна, поскольку в жидкой воде имеется единая динамичная сетка водородных связей, в которой нет и не может быть физической границы раздела между ее фрагментами. Следовательно, вода в жидком состоянии – однофазная гомогенная система, и поэтому *коллоидной системой, гелем* или *гидрогелем*, которые гетерогенны, она быть не может.

Понятие *полимер* для воды не корректно, так как мономеры в полимере соединены ковалентной связью, а в воде ее молекулы объединены единой сеткой водородных связей, энергия которых не менее, чем в 4–5 раз меньше, чем энергия ковалентных связей. Вследствие этой особенности вода в отличие от полимеров чрезвычайно динамичная система, в Н-сетке которой водородные связи постоянно изменяют свои характеристики, а, если они рвутся, то сразу образуются с той же или новой молекулой. Кроме того, водородные связи в воде обратимо трансформируются в ковалентные связи. Из-за этого динамизм структуры единой Н-сетки в жидкой воде несравнимо выше, чем структурный динамизм молекул любого полимера. Поэтому воду с ее очень динамичной Н-сеткой нельзя сравнивать с полимером.

Термины *информационно-фазовый* и *энергоинформационный* с позиции науки абсурдны, так как сочетают в себе абсолютно разные понятия *информация* и *фаза*, *энергия* и *информация*. В то же время эти общеизвестные термины до сих пор сами не имеют четких общепринятых определений. Их сочетания для многих людей звучат настолько научнообразно и впечатляюще, что это затмевает понимание их научной абсурдности.

В литературе о воде постоянно сталкиваешься с ее различными разновидностями: *объемная, свободная, связанная, пограничная, приграничная, пристеночная, интерфазная, EZ-вода* (вода зоны исключения), *капиллярная, гидратная*. Почти каждая из этих вод отличается по свойствам от других. В чем причина?

Вода имеет единую сетку водородных связей [4, 8 –11]. Природа этой связи двойственна: и электростатическая, и ковалентная [1,5, 20]. Поэтому для водородной связи возможны три основных состояния:

- сбалансированное, когда вклад электростатики и ковалентности в Н-связь практически одинаков и близкий;
- гидратационное, когда преобладает явно электростатика;
- акваклатратное, когда преобладает явно ковалентность.

Кроме трех основных состояний водородная связь естественно имеет большое множество промежуточных состояний. Поскольку свойства воды определяются состояниями Н-связи ее единой сетки, то, говоря о жидкой воде как целостной системы, можно обоснованно ограничиться

только тремя ее состояниями в *объемных, приграничных* и *контактных слоях*. В *объемных слоях* молекулы H_2O взаимодействуют только между собой, и поэтому в них Н-сетка находится в сбалансированном состоянии. В *приграничных слоях* молекулы воды взаимодействуют не только между собой. В *приграничных слоях* молекулы воды взаимодействуют еще с молекулами или их частицами, находящимися с другой стороны физической границы раздела, т.е. на реальной поверхности раздела. В *контактных слоях* молекулы воды взаимодействуют с молекулами или их частицами растворенных веществ. В обоих случаях локальное состояние единой Н-сетки может быть либо гидратационным, либо акваклатратным в зависимости от природы частиц тех веществ, с которыми взаимодействуют молекулы воды. Подробно об этих взаимодействиях и локальных состояниях Н-сетки речь пойдет в разделе 2.

Воде присущ ряд явлений, которые фиксируются много веков и подтверждаются бесчисленными природными и экспериментальными фактами, но признаются не всеми, т.к. они пока не имеют убедительного научного объяснения и поэтому их относят к таинственным. Некоторые из сомневающихся спешат привесить изучению таких явлений ярлык «лженаука», забывая при этом, что факты – упрямая вещь. Другие отвергают подобные факты, руководствуясь известным, хотя и бездоказательным аргументом: «Этого не может быть, потому что этого не может быть никогда!». Через некоторое время эти же люди под напором фактов и в соответствии со словами Будды (см. эпиграф) смягчают резкое отрицание до оценки: «В этом что-то есть?!», а спустя еще некоторое время, когда появляются научные объяснения, они же с уверенностью утверждают: «Это вполне естественно и не стоит удивления». На настоящий момент к таким достоверным, но пока загадочным явлениям, а следовательно, к проблемам воды, относятся способность воды:

- к безреагентному изменению своих физических и химических свойств, а также биологических и физиологических функций при взаимодействии со слабыми и очень слабыми физическими полями;
- к дистанционному взаимодействию водных систем между собой;
- быть носителем информации;
- быть источником и потребителем энергии.

Все перечисленные проблемы относятся не только к воде, но и ко всему живому, демонстрируя, что практика давно обогнала теорию. Необходимо сформулировать научную концепцию, которая должна соответствовать основным законам физики и химии и объяснять с единых позиций известные достоверные факты.

Начнем с первой проблемы: что такое вода и ее растворы.

2. ВОДА, ЕЕ РАСТВОРЫ и БИОСИСТЕМЫ – СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ АКВАСИСТЕМЫ

Вода – самое распространенное и удивительное вещество, которое до сих пор – сплошная цепь тайн и загадок. Молекула воды и загадки, связанные с ее строением и физическими свойствами, были раскрыты в

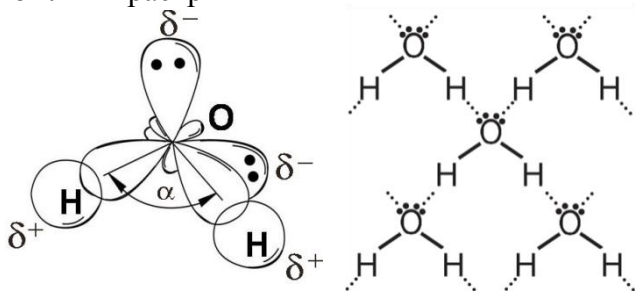


Рис. 2-1. Структура молекулы H_2O и фрагмента тетраэдрической сетки водородных связей в воде

двадцатом веке с помощью инструментальных и теоретических методов познания микромира. Молекула H_2O за счет sp^3 -гибридизации атомных орбиталей ее атома кислорода имеет тетраэдрическую структуру с учетом наличия в ней не только двух связей О–Н, но и двух атомных орбиталей с неподделенными электронными парами атома кислорода (рис. 2-1). Геометрические характеристики молекулы H_2O в твердой и, особенно, в жидкой воде согласно современным представлениям являются не константами, а изменяются в зависимости от ее состояния [3,12,15].

Так, угол α изменяется от 90° до 120° , длина связи O–H варьируется от 0,0863 до 0,1018 нм, а расстояние между атомами водорода – от 0,1264 до 0,1663 нм. Однако, геометрическое соотношение $l_{\text{H-H}}/l_{\text{O-H}}$ в молекуле воды всегда стремится к 1,62, а обратное отношение $l_{\text{O-H}}/l_{\text{H-H}}$ стремится к 0,62, т.е. там и там к «золотому сечению». Интересно, что «золотое сечение» лежит в основе гармонии живого не только с позиций его геометрии, но и с позиций его биоритмов и биоизлучений. По-видимому, в этом опять проявляется тот факт, что вода – основа всего живого.

Вследствие высокой полярности связей O–H молекула воды выступает донором двух протонов, образуя две межмолекулярные водородные связи с двумя соседними молекулами воды. В то же время из-за наличия двух неподеленных электронных пар у атома кислорода каждая молекула воды образует еще две межмолекулярные водородные связи, выступая уже акцептором двух протонов двух соседних молекул воды. Таким образом, молекула H_2O ведет себя как двойной симметричный и донор, и акцептор протонов, образуя четыре межмолекулярные водородные связи с тетраэдрической направленностью (рис. 2-1) [3,5,6,15,20]. Именно в этом заключается уникальность как молекулы H_2O , так и ее способности образовывать множество различных по структуре межмолекулярных фрагментов в своей сетке водородных связей. Главной виновницей необычности свойств воды в конденсированных состояниях является именно межмолекулярная водородная связь. Она образует единую тетраэдрическую (ажурную) и очень структурно-динамичную сетку (Н-сетку), связывающую все молекулы воды в системе в *единую, целостную, супрамолекулярную аквасистему* (*супра* означает множество).

Супрамолекулярные системы возникают самопроизвольно из множества молекул и их частиц, имеющих геометрическое и химическое соответствие и объединенных динамичными межмолекулярными или межчастичными связями. Эти системы более структурно динамичны, чем макромолекулы полимеров, где их мономеры объединены сильными межмолекулярными связями ковалентного типа [7,19]. Все перечисленные особенности супрамолекулярных систем полностью характерны для жидкой и твердой воды с ее единой динамичной сеткой водородных связей. Поэтому автор [15] предлагает дать следующее определение воде:

ВОДА в конденсированных состояниях – открытая, гомогенная, полярная, термодинамически неравновесная, нелинейная, кооперативная, автоколебательная, самоорганизующаяся, СУПРАМОЛЕКУЛЯРНАЯ АКВАСИСТЕМА, целостность которой обеспечена единой, тетраэдрической, полиморфной, очень структурно-динамичной сеткой водородных связей между молекулами H_2O .

Это определение полностью соответствует известным словам знаменитого И. Ленгмюра:

«ОКЕАН – это одна гигантская молекула ВОДЫ».

Вода в океане не чистая, а содержит растворенные соли, газы воздуха и другие вещества без учета живых организмов. Следовательно, это гигантский водный раствор, где вода как основной компонент и все другие компоненты активно и сильно взаимодействуют между собой, образуя единую супрамолекулярную аквасистему. Таким образом, в XXI веке все истинные водные растворы следует рассматривать как гомогенные супрамолекулярные аквасистемы. До настоящего времени их считают двухчастными физико-химическими системами, состоящими из воды-растворителя и гидратированных частиц растворенных веществ.

Рассмотрим детально положения, изложенные в определении воды. Вода и в жидком, и в твердом (лёд) состояниях обменивается с окружающей средой и энергией, и веществом. Это наглядно проявляется в постоянно протекающих процессах ее испарения и конденсации независимо от температуры. Следовательно, вода действительно активная открытая система.

Внутри жидкой воды нет какой-либо реальной поверхности раздела, несмотря на наличие локальных различий в структуре ее Н-сетки. При этом ее Н-сетка сохраняет свое единство, что и делает воду – гомогенной. Не все считают воду гомогенной. Свое мнение они обосновывают наличием локальных отличий в свойствах «пограничной» («связанной») воды от свойств «объемной» («свободной») воды. Это вызвано и объясняется локальными отличиями в структуре и свойствах единой полиморфной Н-сетки, но главное – между «пограничной» и «объемной» водой нет реальной поверхности раздела. Для гетерогенных систем наличие реальной поверхности раздела между их компонентами обязательно!

Высокий дипольный момент молекулы воды (1,82 D) и высокая диэлектрическая проницаемость водной среды ($\epsilon = 78,5$) обеспечивают супрамолекулярной аквасистеме высокую полярность и растворяющую способность много лучше, чем у других растворителей.

Вода, как любая открытая природная система, находясь в стационарном состоянии, является термодинамически неравновесной, а не химически. Поэтому она всегда способна самопроизвольно ($\Delta U \approx 0$) перейти хотя бы локально в другое стационарное состояние даже при минимальной инициации. Инициатор – физическое поле или движение упругой среды, вызывает в воде, как в автоколебательной системе, резонанс. Это первый быстрый этап фазового перехода второго рода аквасистемы в новое стационарное состояние. После устранения инициатора происходит второй, медленный этап этого обратимого перехода – релаксация аквасистемы в исходное стационарное состояние.

Кооперативность – это способность открытой, динамичной системы при внешних воздействиях вести себя как согласованный единый ансамбль, в котором межмолекулярные и межчастичные взаимодействия с течением времени изменяются в одном направлении. Именно это характерно для воды благодаря наличию ее единой, полиморфной и динамичной сетки водородных связей и ее свойствам.

Самоорганизация воды как открытой нелинейной системы – самопроизвольный процесс образования в ее единой Н-сетке организованных структурированных аквафрагментов благодаря непрерывным потокам энергии и вещества между аквасистемой и окружающей средой.

Согласно теоретическим расчетам [8–11], время «оседлой жизни» водородной связи в Н-сетке воды 10^{-13} – 10^{-11} секунды. Так быстро в основном происходит или изменение ее длины, или величины угла α между соседними ОН-связями, а ее разрыв происходит значительно реже. При этом образование вновь водородной связи с прежней или с новой молекулой H_2O происходит также очень быстро. Эти особенности Н-сетки всей аквасистемы обуславливают ее важные свойства: целостность, единство, полиморфизм и структурный динамизм, а также склонность воды к фазовым переходам второго рода.

Целостность и единство Н-сетки в воде проявляется на фоне разнообразной структуры ее аквафрагментов, т.е. ее полиморфизма, а также постоянного очень быстрого структурного динамизма. Свободных молекул или их отдельных надмолекулярных образований в конденсированных состояниях воды нет – о чем свидетельствуют современные теоретические и экспериментальные данные [5,6,8 – 12]. Поэтому можно говорить только о межмолекулярных фрагментах ее единой Н-сетки [15]. На наноуровне аквафрагменты Н-сетки в зависимости от их размеров и структуры можно условно разделить на: *акваассоциаты* $::: [(H_2O)_n] :::$ $n \leq 8$ (условно), *аквакластеры* – если $n > 8$, *полые аквакластеры* (наноаквафрагменты) $::: [\square(H_2O)_n] :::$ или *межслойные акваполости* (микроаквафрагменты) – в полостях которых располагаются и движутся частицы как самой воды, так и растворенных веществ, *акваклатраты* $::: [X(H_2O)_n] :::$ – аквакомплексы частицы X типа «гость X – хозяин $::: [\square(H_2O)_n] :::$ » и, по концепции автора, *аквамоделли воздействия* $::: [Аквамодель] :::$ – аквакластеры со структурой Н-сетки, отражающей воздействие, оказанное на аквасистему веществом или сигналом физического поля. Все аквафрагменты Н-сетки в жидкой воде чрезвычайно динамичны, т. к. они и их молекулы постоянно колеблются, движутся, в результате аквафрагменты структурно трансформируются, разрушаются и воспроизводятся, как случайно, так и закономерно.

Вода – уникальный растворитель, что объясняется следующими ее особенностями:

- высокой диэлектрической проницаемостью ($\epsilon = 78,5$);
- способностью проявлять как протонодонорные и протоноакцепторные свойства за счет своих акваионов, так и электронодонорные и электроноакцепторные свойства за счет своих акварадикалов;
- наличием внутренних межслойных акваполостей в Н-сетке жидкой воды из-за ажурности ее тетраэдрической структуры;
- двойственности природы водородной связи, так как в ней есть и электростатическая и ковалентная составляющие.

В объемных слоях чистой воды, где молекулы H_2O взаимодействуют только между собой, там, в единой Н-сетке, эти составляющие взаимно скомпенсированы. В случае контактных или приграничных слоев воды в Н-сетке может преобладать или электростатическая, или ковалентная составляющие. Особенно наглядно это проявляется в растворах веществ, разных по природе.

Целостность воды в конденсированных состояниях обеспечивается единой сеткой водородных связей, что позволило рассматривать воду как супрамолекулярную аквасистему. Такой подход заставляет по-новому рассматривать процессы растворения веществ и образования истинных водных растворов. Процесс растворения вещества в супрамолекулярной аквасистеме предлагается рассматривать как распределение его молекул или частиц в межслойных акваполостях ее единой Н-сетки [15].

Истинные водные растворы – гомогенные супрамолекулярные аквасистемы переменного состава с единой, ажурной и динамичной сеткой водородных связей, в межслойных акваполостях которой содержатся молекулы и ионы растворенных веществ, находящихся в постоянном интенсивном движении.

Согласно этому определению в водных растворах молекулы и ионы двигаются не в гидратных оболочках, как принято сейчас, а по динамичным межслойным акваполостям, формируя соответствующим образом структуру контактных слоев их единой Н-сетки. Такой подход объясняет, почему не удавалось и не удастся экспериментально определить число молекул H_2O в гидратных оболочках ионов и молекул. Почему при рассмотрении свойств истинных водных растворов нельзя разделять их на составные части, например, растворитель-вода и гидратированные ионы, т.к. это грубо нарушает их целостность и искажает их свойства.

В соответствии с принципом «подобное в подобном» в воде как в полярной среде хорошо растворяются вещества, молекулы которых содержат ионные связи или полярные функциональные группы. При растворении соединений с ионной связью в воде из-за ее высокой диэлектрической проницаемости ($\epsilon = 78,5$) происходит их диссоциация на ионы. Образующиеся ионы располагаются в межслойных акваполостях Н-сетки и двигаются по ним и вместе с ними. При этом контактные слои этих акваполостей имеют Н-сетку с преобладанием электростатической составляющей, а процесс взаимодействия ионов и полярных молекул с водой называется *гидратацией* [15].

Гидратация – процесс электростатического взаимодействия полярных молекул H_2O контактных и приграничных слоев единой Н-сетки воды, взаимодействующих с полярными молекулами или ионами, находящимися как в растворе, так и на поверхности раздела. Гидратация – следствие преобладания в Н-связи электростатической составляющей.

Инициатором процесса гидратации являются электростатические поля полярных или заряженных частиц, т.е. ионов, растворенных веществ и полярных молекул воды.

В зависимости от поверхностной плотности заряда иона было предложено их разделить на ионы, способствующие *положительной* и *отрицательной гидратации* [13]. Ионы, имеющие высокую поверхностную плотность заряда, т.е. ионы с большим зарядом и малым радиусом, такие как Li^+ , Na^+ , Mg^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , F^- , Cl^- , CO_3^{2-} , HCO_3^- , которые сильно взаимодействуют с молекулами воды в контактных слоях акваполостей, характеризуются *положительной гидратацией*. В этих случаях происходит уплотнение структуры контактных гидратационных слоев акваполостей и всей Н-сетки в растворе вследствие ее кооперативных свойств. Катион Na^+ и анион Cl^- , гидратация которых положительна, сосредоточены в основном в межклеточной жидкости, где кроме воды контактных слоев есть «объемная» вода. Поэтому эти ионы необходимы для обеспечения уплотнения структуры Н-сетки межклеточной аквасистема [15].

Для многозарядных катионов Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , которые наиболее сильно взаимодействуют с ближайшими молекулами воды, характерно образование с ними ковалентной связи и комплексных катионов $[Al(H_2O)_6]^{3+}$, $[Fe(H_2O)_6]^{3+}$, $[Cr(H_2O)_6]^{3+}$. Устойчивость этих комплексов значительно выше, чем устойчивость любых аквафрагментов Н-сетки.

Ионы, имеющие малую поверхностную плотность заряда: K^+ , Cs^+ , NH_4^+ , I^- , Br^- , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$, NO_3^- , ClO_4^- и поэтому слабо притягивающие молекулы воды, характеризуются *отрицательной*

гидратацией. Ионы с отрицательной гидратацией способствуют разрыхлению структуры контактных гидратационных слоев акваполостей и всей Н-сетки в растворе из-за ее кооперативности. Поэтому ионы K^+ , HPO_4^{2-} , $H_2PO_4^-$ являются ионами внутриклеточной жидкости, способствуя разрыхлению Н-сетки воды внутри клетки и повышая тем самым подвижность биосубстратов в ней [15].

При концентрации ионов в водном растворе около и более 1 моль/л число свободных акваполостей в Н-сетке резко уменьшается и в таких растворах «объемной» воды уже практически не остается. При наличии в водных растворах электролитов молекул полиэлектролитов: белков, нуклеиновых кислот или растворимых органических соединений, «объемная» вода исчезает из них при значительно меньших концентрациях ионов и молекул этих веществ, находящихся в растворе.

Вещества, молекулы которых неполярны, растворяются в воде значительно (в 10^3 – 10^6 раз) хуже, чем вещества, молекулы которых полярны или состоят из ионов, исключая малорастворимые соли в воде. Например, при 20 °С растворимость в воде газа азота $c(N_2) = 67 \cdot 10^{-5}$ моль/л ниже растворимости газа хлороводорода $c(HCl) = 41$ моль/л примерно в сто тысяч раз. неполярные молекулы, растворяясь в воде, своими физическими полями, несмотря на их крайне малую мощность, инициируют глубокую самопроизвольную ($\Delta U \approx 0$) перестройку структуры сетки водородных связей в воде в сторону увеличения вклада ее ковалентной составляющей. Ковалентность Н-связи способствует усилению взаимодействия молекул воды между собой, а не с молекулами растворенного вещества. Другими словами, усиление ковалентной составляющей водородной связи способствует процессу *акваклатратирования*, который уплотняет Н-сетку аквасистемы. Термин *акваклатратирование* – новый и введен вместо термина *гидрофобная связь*, который автор считает очень неудачным. Поскольку слово «связь» указывает на связывание, а не на отталкивание, как обычно трактуется гидрофобная связь [15].

Акваклатратирование – процесс усиления взаимодействия молекул воды друг с другом в контактных и приграничных слоях единой Н-сетки, вследствие преобладания ковалентной составляющей Н-связи, инициируемой внутренними физическими полями гидрофобных (неполярных) молекул (X) или гидрофобных фрагментов молекул, контактирующих с водой.

Отсутствие сильного взаимодействия между полярными молекулами воды и неполярными молекулами растворимых веществ, естественно, резко уменьшает растворимость данных веществ в ней.

С позиции дыхания живого наибольший интерес вызывает растворение в воде и крови газов

воздуха: кислорода, $\left[O_2, c_{H_2O}^{20^\circ C}(O_2) = 14 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л} \right]$ азота

$\left[N_2, c_{H_2O}^{20^\circ C}(N_2) = 67 \cdot 10^{-5} \text{ моль/л} \right]$ и углекислого газа $\left[CO_2, c_{H_2O}^{20^\circ C}(CO_2) = 14 \cdot 10^{-4}$

моль/л, молекулы которых не полярны. Растворенные молекулы этих газов в основном находятся в межслойных акваполостях, способствуя процессу акваклатратирования между молекулами воды их контактных слоев, уплотняя в них Н-сетку. Растворенные газы воздуха, находящиеся в межслойных акваполостях, слабо удерживаются водой и кровью и поэтому они легко выделяются из них, даже при встряхивании или перемешивании. Иногда эту часть растворенных газов называют «бабстоны». При добавлении солей к такому раствору, бабстоны разрушаются с выделением растворенных газов воздуха.

При повышенном давлении молекулы газов воздуха дополнительно растворяются в воде за счет процесса акваклатратирования, способствующего образованию *акваклатратов этих газов*. В этом случае каждая молекула растворенного газа оказывается «гостем» в аквакомплексах типа «гость–хозяин». «Хозяином» является польый аквакластер $:::[\square(H_2O)_n]:\cdot$, в полости которого находится «гость X» – молекула растворенного газа воздуха. Формула образовавшихся акваклатратов газов будет $:::[X(H_2O)_n]:\cdot$, где молекула растворенного газа X находится как бы в нанокapsule единой Н-сетки. Особенность строения и свойств акваклатратов заключается в том, что «гость X» не связан с молекулами воды «хозяина» никакими химическими связями, кроме

слабых сил Ван дер Ваальса. Число молекул H_2O в составе оболочки «хозяина» непостоянно, т.к. в водном растворе – это аквафрагмент единой Н-сетки супрамолекулярной аквасистемы, содержащей неполярные молекулы растворенного вещества X. При выделении акваклатрата $[\text{X}(\text{H}_2\text{O})_n]$ вымораживанием, высушиванием или высаждением получают соединения, содержащие переменное число молекул H_2O , включая нецелочисленное. Молекулы воды в акваклатрате не имеют химических связей с «хозяином», а только водородные связи между собой. Устойчивость акваклатратов обычно объясняют «эффектом клетки». По мнению автора, их устойчивость также может быть обусловлена резонансом между колебаниями «гостя X» и колебаниями молекул H_2O оболочки «хозяина». Молекулы газов воздуха из акваклатратов удаляются из воды только при температурах вблизи $100\text{ }^\circ\text{C}$. При этом оболочка «хозяина», т.е. полый аквакластер, некоторое время сохраняется в растворе.

Акваклатратированию подвергается метан во влажном природном газе, акваклатраты которого $:\text{:}[\text{CH}_4(\text{H}_2\text{O})_{5,75}]\text{:}$ – твердое вещество с непостоянной температурой плавления несколько ниже $0\text{ }^\circ\text{C}$. Эта способность метана заставила осушать добытый газ на Севере перед его транспортировкой, чтобы избежать в газопроводах снегообразных пробок из акваклатратов метана, образующихся при температуре воздуха ниже $0\text{ }^\circ\text{C}$ и при давлении газа более 3-х атм.

Акваклатраты газов принято называть «газогидратами». Этот термин неправильный. Он не учитывает ковалентный характер Н-связи между молекулами H_2O в оболочке «хозяина» и отсутствие химической связи между «гостем» и «хозяином». Термин «гидраты» указывает на электростатическую составляющую водородной связи в этих аквафрагментах, что противоречит истине. Поэтому эти соединения правильно называть *акваклатратами* [15].

Акваклатирование также играет важную роль при анестезии человека и животных веществами – анестетиками. Это: хлороформ CHCl_3 , диэтиловый эфир $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{O}$, закись азота N_2O , фторотан CF_3CBrClH , инертный газ ксенон Xe. Их молекулы и атомы Xe – неполярны или полярность их незначительная [15]. Согласно гипотезе Л. Полинга, развитой новосибирской школой академика А. В. Николаева и профессора И. И. Яковлева [4], молекулы этих веществ, попадая в клетки головного мозга, акваклатратируются за счет приграничной и контактной воды биосубстратов клетки. Это, по-видимому, приводит к разрушению приграничных и контактных слоев воды мембрановыстилающих белков, уменьшая их гидрофильность. В результате они отслаиваются, а появившаяся новая граница раздела нарушает ионную проводимость межклеточной мембраны. Это вызывает потерю чувствительности клеток мозга к нервным импульсам от болевых точек, т.е. приводит к *анестезии*. При прекращении подачи анестетиков они диффундируют из клетки и состояние внутриклеточной аквасистемы восстанавливается, т.е. исчезает расслоение, а следовательно, и эффект анестезии. Процесс анестезии можно рассматривать как фазовый переход второго рода в аквасистемах организма.

Акваклатратироваться могут не только неполярные молекулы и частицы. При наличии в аквасистеме полых аквакластеров с полостью соответствующего размера, могут образовываться акваклатраты разных веществ. Наибольший интерес вызывают акваклатраты с молекулой воды или ее ионов H^+ и OH^- , или ее радикалов $\bullet\text{H}^0$ и $\bullet\text{OH}^0$, т.к. при этом, естественно, будут безреагентно изменяться как химические, так и физико-химические свойства и биологические, и физиологические функции воды. Обычно это происходит под воздействием слабых и очень слабых физических полей на воду. Под их воздействием в ее единой Н-сетке формируются полые аквакластеры, а потом образуются соответствующие акваклатраты из компонентов самой воды (H_2O , H^+ , OH^- , $\bullet\text{H}^0$ и $\bullet\text{OH}^0$) с различными концентрациями. Естественно, свойства этих компонентов в акваклатратированном состоянии будут проявляться значительно слабее, чем в свободном состоянии [16–17].

При акваклатратировании вода выступает не только растворителем, но и метаболитом. Вода выступает активным метаболитом в реакциях гидратации алкенов и альдегидов. Процессы гидролиза солей и различных биосубстратов также обеспечивают жизнедеятельность организма. Еще более четко и наглядно проявляется важность воды в растворах веществ, молекулы которых дифильны, т.е. и полярны, и неполярны.

При растворении в воде веществ, молекулы которых содержат и *гидрофильные (полярные)*, и *гидрофобные (неполярные)* группы, водородная связь Н-сетки их контактных слоев акваполостей будет проявлять и *гидратационный*, и *акваклатратный* характер. Это наглядно можно проследить по растворимости спиртов в воде. Метанол, этанол и пропанол полностью растворяются в воде. Растворимость бутанола в воде только 5,6%. Это связано с большим размером бутильного радикала C_4H_9 и с его более сильными гидрофобными свойствами по сравнению с гидрофильными свойствами его гидроксильной группы. Следовательно, растворимость в воде веществ, молекулы которых гидрофильны, зависит от соотношения размеров и активностей между их гидрофильными (полярными) и гидрофобными (неполярными) фрагментами.

Процессы гидратации и акваклатратирования происходят не только при контакте с растворенным веществом или его частицами, но и при контакте с реальными поверхностями раздела: с воздухом или со стенками сосуда. В этих случаях природа этих реальных границ раздела определяет характер водородной связи в Н-сетке в возникающих приграничных слоях. Толщина таких слоев может достигать нескольких сот микронов, а свойства воды в этих слоях, так же как контактных, естественно, отличается от свойств объемных слоев воды. Однако, супрамолекулярная аквасистема, содержащая и объемные, и контактные, и приграничные слои, несмотря на наличие локальных отличий в свойствах воды в этих слоях, остается гомогенной из-за единства Н-сетки, а главное, из-за отсутствия реальной поверхности раздела между этими слоями воды. Вместо физической границы раздела в аквасистеме имеются переходные слои в Н-сетке, которые нивелируют возникающие отличия в ее свойствах. Таким образом, в супрамолекулярных аквасистемах хотя Н-сетка едина, но она полиморфна в ее аквафрагментах и многослойна в ее акваслоях.

Вода способна образовывать как истинные, так и коллоидные растворы. Истинные растворы всегда прозрачны, а коллоидные растворы прозрачны при прямом освещении, а при боковом освещении – опалесцируют, что указывает на их микрогетерогенность. Размеры частиц коллоидных растворов соизмеримы с длиной волны видимого света, поэтому они рассеивают свет, вследствие явления дифракции

Гидрофобные и гидрофильные коллоидные растворы – системы, в которых дисперсионная среда – истинный водный раствор, а дисперсная фаза – мицеллы размеров 10^{-9} – 10^{-6} м, отделенные реальной поверхностью раздела от дисперсионной среды, но они равномерно распределены и свободно двигаются в ней. На границе раздела с мицеллами дисперсионная среда имеет соответствующие приграничные слои из молекул H_2O ее единой Н-сетки, обеспечивающие целостность коллоидных растворов, поэтому они – ультрамикроретерогенные супрамолекулярные аквасистемы

В заключение рассмотрим биосистемы. Содержание воды в любом живом объекте в его активном состоянии по массе более 50%, а по молекулярному составу – более 95%. Поэтому воду в живых объектах, учитывая ее содержание, обоснованно можно рассматривать как биосубстрат, однако, против этого выступают многие биологи, хотя их возражения необоснованны и неубедительны. Главная особенность этого биосубстрата, его чрезвычайная динамичность, что крайне необходимо для жизнедеятельности биообъектов. Учитывая целостность живого, биосистемам можно дать следующее определение:

БИОСИСТЕМЫ (от клетки до организма в целом) – открытые, термодинамически неравновесные, гетерогенные, нелинейные, автоколебательные, самоорганизующиеся, саморегулирующиеся, гомеостатические и репродуцирующиеся СУПРАБИОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ АКВАСИСТЕМЫ, основу которых составляют биосубстраты включая воду, с её чрезвычайной динамичностью, биополимеры и минеральные соли, содержащие катионы металлов жизни. Межмолекулярный континуум биосистем в пределах клетки, межклеточных и сосудистых систем обеспечивается едиными, динамичными, полиморфными сетками межмолекулярных водородных связей..

Таким образом, биосистемы – сложные аквасистемы, включающие и истинные, и коллоидные растворы, являясь при этом явно гетерогенными водными системами. Биологические и физиологические функции биополимеров зависят не только от их собственной структуры, но и от

структуры Н-сетки их контактных и приграничных водных слоев. Вода является не только основой внутриклеточной и межклеточной супрамолекулярных аквасистем, но и участвует непосредственно в формировании пространственной структуры молекул биополимеров и других биосубстратов. Причем это происходит с учетом внутренних и внешних факторов, прежде всего за счет воды, вследствие высокого структурного динамизма и чувствительности ее сетки водородных связей к любым, даже очень слабым, воздействиям за счет фазовых переходов второго рода. Благодаря обратимости фазовых переходов второго рода живое сохраняет свою устойчивость несмотря на изменчивость внешней среды. В то же время, если внешняя среда после изменений не полностью вернулась в исходное состояние, причем, переходное состояние сохраняется длительное время, то живое эволюционирует, приспосабливаясь к новым условиям. При этом прежде всего по-видимому эволюционируют из-за динамичности аквасистемы отдельных органов и тканей, что приводит к эволюции организма в целом.

Любые живые клетки, их цитоплазмы и органеллы с учетом содержания в них воды являются микро - или миллигетерогенными супрабиомолекулярными аквасистемами. Во всех внутриклеточных и капиллярных аквасистемах, их единые Н-сетки состоят только из ее *контактных и приграничных* слоев, *объемной* воды там нет. В межклеточных и сосудистых аквасистемах живого имеется и *объемная, и контактная, и приграничная* вода с единой Н-сеткой. Нормальное функционирование аквасистемы клетки требует постоянного обновления ее воды за счет объемной воды внеклеточных систем. Вся вода организма обновляется примерно за месяц, а вода внеклеточных систем – за неделю. Это свидетельствует о большой важности и интенсивности обмена воды.

Каждый грамм ДНК прочно удерживает 0,6 г воды, гликогена – 1,5 г воды, а белка – 3 г воды. Поэтому, как справедливо указывал в 1940 г. А. Сент-Дьердьи: "нельзя говорить о белках, нуклеиновых кислотах, нуклеопротеидах и о воде так, как если бы это были две различные системы. Они образуют единую, целостную систему, которую нельзя разделить на компоненты без разрушения ее сущности". Эти слова полностью созвучны с теорией растворов Д. И. Менделеева (1887), согласно которой раствор – это новая химическая система, возникающая в результате взаимодействия растворителя с растворенным веществом. Рекомендации этих великих ученых нашли в XXI веке свое воплощение в изложенной концепции автора: *вода и ее растворы, включая биосистемы: --супрамолекулярные аквасистемы с единой динамичной сеткой водородных связей.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. *Алексеев А. И., Алексеев А. А.* Химия воды. В двух книгах. СПб.: Химиздат, 2007. 1 книга – 424 с.; 2 книга – 456 с.
2. *Бушуев Ю.Г., Давлетбаева С.В., Королев В.П.* Структурные свойства жидкой воды. *Известия Академии наук. Серия химическая.* 1999, №5. С.841- 850.
3. Вода – космическое явление / Ред. *Ю. А. Рахманин, В. К. Кондратов.* М.: РАЕН, 2002. – 427 с.
4. *Довгуша В. В., Лехтлаан-Тыниссон Н. П., Довгуша Л. В.* Вода – привычная и парадоксальная. СПб., 2007. – 242 с.
5. *Зацепина Г. И.* Физические свойства и структура воды. М.: Изд-во МГУ, 1998. – 184 с.
6. *Кальнини К. К., Павлова Л. П.* «Вода – родник жизни». СПб.: ИВС РАН, 2005. – 29
7. *Лен Ж-М.* Супрамолекулярная химия. Концепция и перспективы. Новосибирск: Наука, 1998. – 333 с.
8. *Лященко А.К., Дуняшев В.С.* Пространственные структуры воды/Вода: структура, состояние, сольватация. Отв.ред. А.М.Кутепов – М.: Наука, 2003. С.107 – 145.

9. *Лященко А.К.*, Структура воды, миллиметровые волны и биологические эффекты. Научные труды VI Междунар. конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». СПб., 2012. – 22с.
10. *Маленков Г.Г., Тытик Д.Л.* Метод молекулярной динамики и физической химии. Под. ред. Ю.К. Товбина. – М.: Наука, 1996. С. 204-234
11. *Маленков Г.Г., Лакомкина Т.Н.* Вода: свойства и структура. М.: ИНИЦ Роспатента, 2005. – 62 с.
12. *Рассадин Ю. П.* Вода обыкновенная и необыкновенная. М.: «Галерея СТО», 2008. – 840 с.
13. *Самойлов О. Я.* Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. М.: Изд. АН СССР, 1957. – 182 с.
14. *Сент-Дьерди А.* Введение в субмолекулярную биологию. М.: «Наука», 1964. – 140 с.
15. *Слесарев В. И.* Химия: Основы химии живого: Учебник для вузов. 6-е изд. СПб: Химиздат, 2015. –784 с.
16. *Слесарев В. И.* Структурно-информационное свойство и состояние воды. Явление аквакоммуникации. Вода: Технология и экология, 2004. № 4. – С. 49–82.
17. *Слесарев В. И., Шабров А. В.* Неизвестные свойства чистой воды. – Вода: Технология и экология, 2009. № 1. – С. 68 – 70
18. *Степанов А. М.* ВОДА ее физические и лечебные свойства. М., 2007. – 278 с.
19. *Стид Д. В., Этвуд Д. Л.* Супрамолекулярная химия. В двух томах. М.: Академ. книга, 2007. Том I – 480 с.; том II – 416с/
20. *Эйзенберг Д., Кауцман В.* Структура и свойства воды. Л.: Гидрометеиздат, 1975. – 280 с.