



УДК 544.015.4

Вода в природе, значение и свойства

Копылова В.Д.

Российский университет кооперации, Мытищи

Веницианов Е.В.

Институт водных проблем РАН, Москва

Поступила в редакцию 16.05.2012 г.

Аннотация

В статье рассматривается значение воды в природе и в жизни человека. Уникальные свойства воды и их объяснение на основе природы химических связей и структуры воды. Влияние состава и структуры воды на здоровье человека, качество продовольственной и промышленной продукции.

Ключевые слова: вода в природе, свойства воды, природа химических связей, структура воды.

Value of water in the nature and in human life is considered. Unique properties of water and their explanation on the basis of the nature of chemical bonds and water structure. Influence of structure and water structure on health of the person, quality food and an industrial output.

Keywords: water in the nature, properties of water, the nature of chemical bonds, water structure

Введение

Вода – это жизнь. Вода – самое распространенное и самое уникальное вещество на нашей планете. Нет природного тела, которое могло бы сравниться с ней по влиянию на ход геологических процессов. «Нет земного вещества, минерала, горной породы, живого тела, которое бы ее не включало» (В.И.Вернадский).

Без воды невозможна жизнь. Наукой установлено, что жизнь на Земле возникла примерно 4 млрд лет назад именно в водной среде. Об этом свидетельствует близость по составу морской воды и крови человека. Вода является главным компонентом всех живых организмов, составляя 70% массы тела взрослого человека и от 50% до 90% массы животных и растений. Невозможно назвать ни одной отрасли народного хозяйства, которая обходилась бы без воды, а для некоторых из них, например сельского хозяйства, тепловой и атомной электроэнергетики, металлургии, целлюлозно-бумажной, химической и многих других, вода является основным (по массе) сырьем. Вода является компонентом практически всех технологических процессов, являясь сырьем, растворителем, теплоносителем, транспортной системой.

Количество и качество подаваемой жителям воды для питьевых и бытовых целей определяет во многом качество жизни. Наконец, вода является важным фактором, определяющим природные условия на Земле: она не только является средой обитания живых организмов, но влияет на формирование климата, горных пород, рельефа, обрушивая на территории наводнения или, наоборот, засухи.

Нормальное функционирование организма человека, его самочувствие зависит от количества и качества потребленной воды. Установлено, что при потере в организме около 10% воды человек теряет сознание, а потеря 12% воды приводит к смерти. Поскольку все процессы в организме проходят в растворе (растворитель – вода), то состав и свойства воды влияют на скорость биохимических реакций, проходящих в организме, состояние динамического равновесия. При постоянном составе используемой воды на все это большое влияние оказывает структура воды.

Вода нужна не только живым организмам. Гидросфера оказывает огромное влияние на большинство процессов, проходящих на нашей планете.

Гидросфера стабилизирует температуру поверхности и обеспечивает тепловой режим Земли. Вода является сильным поглотителем солнечной энергии (в 2-3 раза больше чем суша). От поверхности океана отражается всего 8% падающей энергии и средняя температура воды на 3,6 градусов выше температуры поверхности Земли. Мировой океан является регулятором климата на нашей планете: холодные воды на полюсах поглощают углекислый газ из воздуха и отдают его в нагретых экваториальных водах.

Мировой океан – легкие планеты, планктоном океана производится половина всего кислорода атмосферы.

Хотя общее количество воды на Земле неизменно, существует опасность, что из-за нерационального использования воды могут иссякнуть ее запасы, пригодные для выполнения основных функций – поддержания жизни на Земле и удовлетворения потребности человечества в ней как природном ресурсе. Речь идет не только о недостатке воды как ресурса, но об ухудшении качества воды. Глобальный дефицит водных ресурсов – такова суровая реальность наступившего XXI века.

Из всех известных на Земле веществ вода обладает многими необычными и даже уникальными свойствами. Эти свойства во многом обеспечивают жизнь на Земле. Более того, в отсутствие этих свойств зарождение и поддержание жизни на Земле было бы невозможно.

Чтобы понять эту роль воды, ознакомимся кратко с ее физико-химическими свойствами.

Структура воды. Общеизвестна химическая формула воды – H_2O . Однако до конца XVIII века считалось, что вода – единое неделимое вещество. Только в 1781 г. английский ученый Генри Кавендиш доказал, что вода состоит из двух элементов, которые позже французский химик Антуан Лавуазье назвал кислородом и водородом (рождающим воду).

Оба эти элемента обладают своеобразием. Водород – самый лёгкий в природе элемент, имеющий три изотопа с массами 1, 2 и 3: это протий (H), дейтерий (2H или D) и тритий (3H или T). Первые два изотопа стабильные, а последний – радиоактивный с периодом полураспада 12,26 года.

Кислород имеет три стабильных изотопа с массами 16, 17 и 18.

В комбинации H_2O теоретически может существовать 42 разнообразных изотопных разновидностей воды, из которых фактически обнаружены 18 [1]. Они и формируют реальную земную гидросферу.

Основную часть (99,73%) составляет обычная вода ${}^1\text{H}_2{}^{16}\text{O}$. Еще 0,04% – тяжёлокислородная вода с составом ${}^1\text{H}_2{}^{17}\text{O}$ и 0,02% – с составом ${}^1\text{H}_2{}^{18}\text{O}$. Доля тяжелой (дейтериевой воды) D_2O в природных водах еще меньше и составляет 0,015%. Доля «сверхтяжелой» воды T_2O – ничтожна: в воде Земли находится менее 20 кг тритиевой воды, хотя тритий – необходимый элемент реакции термоядерного синтеза. Реакция $\text{D} + \text{T}$ наиболее легко осуществима с точки зрения современных технологий, даёт значительный выход энергии.

Разница в изотопном составе воды сказывается на их физико-химических свойствах. Например, тяжелая вода D_2O имеет плотность 1,1 г/мл, кипит при температуре $101,43^\circ\text{C}$ и образует лед при температуре $-3,8^\circ\text{C}$. Она медленнее испаряется, чем обычная вода. Вероятно, поэтому в замкнутых водоемах может происходить обогащение тяжелой водой. Она угнетающе действует на растения. Однако в природных водах концентрации тяжелой воды столь малы, что нельзя говорить о каком-либо реальном влиянии изотопных разновидностей природной воды на ее свойства.

Особенности воды в значительной мере определяются особенностями образующих молекулу воды элементов – водорода и кислорода.

Атом водорода содержит лишь один электрон. Чтобы быть устойчивой, электронной оболочке атома водорода требуется еще один электрон. Соединяясь с другим каким-либо атомом, например атомом кислорода, атом водорода сохраняет способность к притяжению других атомов, т.е. имеет возможность создания так называемых **водородных связей**. Эти связи более слабые, чем ионные и ковалентные (т.е. создаваемые объединением электронных оболочек), однако они оказывают влияние на физические свойства воды в жидком и твердом состоянии.

Соединяясь вместе, два атома водорода и атом кислорода создают устойчивую молекулу. Однако молекуле воды свойственна асимметрия. Кислородный атом, имеющий отрицательный заряд, и два атома водорода, имеющие точно такой же положительный заряд, смещены относительно друг друга, т.е. образуют так называемый **диполь** (рис. 1). Молекула воды подобна молекулярному магниту. Этим объясняется возможность воздействия на молекулу внешнего магнитного поля.

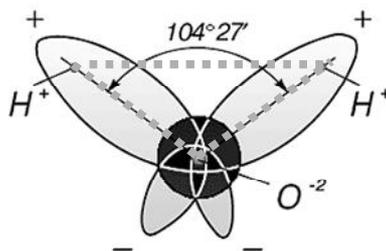


Рис. 1. Схема строения молекулы воды

Этот эффект используется в тепловой энергетике. На стенках котельных труб из обычной воды отлагаются соли жёсткости плотным и трудно удаляемым слоем, а из омагниченной воды выпадает рыхлый осадок. Поэтому на многих тепловых станциях установлена магнитная подготовка воды.

За счет водородных связей молекула воды может формировать многомолекулярные структуры – **ассоциаты**, или **кластеры** [2]. В жидком состоянии молекулы находятся в непрерывном хаотическом (тепловом) движении, так что формирующиеся ассоциаты постоянно образуются и распадаются. Время перескока составляет 10^{-12} секунд.

Однако при твердении, когда молекулярное движение минимально, молекулы ориентируются таким образом, что число водородных связей максимально: у каждой молекулы – две водородных связи. Это выражается в формировании организованной и устойчивой структуры. Размеры «пустот» в упорядоченной решетке молекул воды в твёрдом состоянии больше, чем в хаотическом жидком состоянии. Это напоминает выстраивание из одинаковых элементов, например спичек, геометрически подобных узоров, которые занимают большую площадь, чем хаотически перемешанные спички. Упорядоченностью структуры воды в твёрдом состоянии объясняется меньшая плотность льда по сравнению с жидкой водой. Кристаллизация других веществ приводит к увеличению плотности. Упорядоченность структуры твердой воды проявляется в симметрии снежинок, имеющих гексагональную (шестигранную) структуру.

При медленном таянии льда упорядоченная структура сохраняется еще некоторое время. Этим объясняются особые свойства талой воды: при поливе талой водой увеличивается всхожесть семян и ускоряется рост растений.

Способностью жидкой воды сохранять структуру объясняют и свойства «памяти» воды. Существует гипотеза (С.В.Зенин [3]), что «память» воды объясняется существованием устойчивых ассоциатов. Изменение положения одного структурного элемента в кластере воды под действием внешнего фактора обеспечивает чувствительность информационной системы воды. Если степень возмущения структурных элементов недостаточна для перестройки всей структуры воды в данном объеме, то после снятия возмущения система через 30-40 мин возвращается в исходное состояние. Если переход к другому расположению структурных элементов воды оказывается энергетически выгодным, то в новое состояние отражает кодирующее воздействие, вызвавшее эту перестройку. Такая модель позволяет объяснить "память воды" и ее информационные свойства.

Физические свойства воды. Вода – единственное известное вещество, которое в твёрдом состоянии имеет меньшую плотность, чем в жидком. При понижении температуры до $+4^{\circ}\text{C}$ происходит повышение плотности, а далее плотность начинает уменьшаться. Этот эффект объясняют тем, что при температуре $+4^{\circ}\text{C}$ начинается формирование упорядоченных кластеров, что приводит к увеличению расстояния между молекулами, т.е. снижению плотности. Плотность льда на 11% больше, чем плотность воды при температуре 0°C .

Такой характерный только для воды режим изменения плотности имеет огромное значение в природе. Благодаря тому, что температура воды с максимальной плотностью выше температуры замерзания, большинство водных объектов на нашей планете, например озёра и водохранилища, не промерзают до дна даже в условиях сурового климата. Так, в водоёмах умеренных широт с наступлением осени верхние слои воды, охладившись до $+4^{\circ}\text{C}$ и достигнув максимальной плотности, постепенно опускаются на дно и вытесняют к поверхности более тёплые водные массы. Возникают конвекционные течения, стремящиеся выровнять плотностную неоднородность, и перемешивание продолжается до тех пор, пока вся масса воды в водоёме не достигнет температуры максимальной плотности. Благодаря такой циркуляции происходит насыщение придонных слоёв кислородом и перераспределение питательных веществ, необходимых для функционирования живых организмов по всей толще водоёма. Дальнейшее охлаждение поверхностного слоя воды приводит к его замерзанию и образованию ледяного покрова. Лёд образует своеобразную «шубу» для основного объема водного объекта и предохраняет глубины от дальнейшего промерзания, поскольку проводит тепло гораздо хуже, чем жидкая вода.

Однако на этом уникальные свойства воды не заканчиваются.

Создавая периодическую систему элементов, Д.И.Менделеев сформулировал закон периодичности: «свойства химических элементов в образуемых ими простых и сложных соединениях находятся в периодической зависимости от величины молекулярной массы» (по современным представлениям – от атомного номера, т.е. числа протонов в ядре).

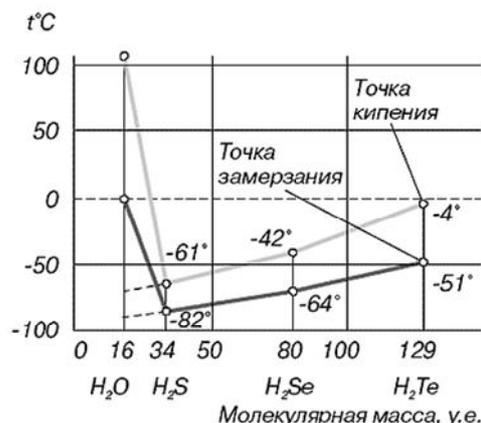


Рис. 2. Аномалия точек кипения и замерзания воды в сравнении с другими гидридами элементов с аналогичными химическими свойствами

Аналогами кислорода по периодической системе являются элементы группы VIA: сера (S), селен (Se) и теллур (Te). Обычно при увеличении массы ядра происходит увеличение температуры фазовых переходов «твёрдое вещество – жидкость – газ». Действительно, гидрид теллура H_2Te затвердевает при температуре $-51^\circ C$, а кипит при температуре $-4^\circ C$. С уменьшением атомной массы происходит закономерное снижение точек кипения и замерзания (рис. 2). Если продолжить эти зависимости, то точка кипения воды должна быть при температуре $-70^\circ C$, а точка замерзания – при температуре $-90^\circ C$. К счастью, вода кипит при $+100^\circ C$, а замерзает – при $0^\circ C$. К счастью потому, что если бы вода подчинилась предписанной ей периодическим законом закономерности, то на Земле она пребывала бы в газообразном состоянии, и жизнь здесь была бы невозможна.

Аномальность положения точек кипения и замерзания воды также связана с ее молекулярными свойствами: на разрыв формирующихся водородных связей между молекулами воды требуется относительно бóльшая энергия, чем в случае более массивных молекул гидридов S, Se, Te.

Важно отметить ещё одно свойство воды, а именно – способность переохлаждаться до некоторых отрицательных значений температуры, не превращаясь в лёд. Это свойство также связано со способностью молекул воды к образованию структур, которые формируются при снижении температуры, поэтому воду можно охладить ниже точки замерзания (в опытах на дистиллированной воде ее удавалось охладить до $-70^\circ C$). Однако это состояние неустойчиво. Стоит бросить в эту воду кристаллик льда или песчинку, как начинается быстрый процесс перехода воды из жидкой фазы в твёрдую.

В стоячих водах (водоёмах) охлаждение воды и отток тепла происходят в основном на поверхности, поэтому здесь образуется только поверхностный ледяной покров. В речных водах в результате турбулентного перемешивания переохлаждение воды может происходить по всей глубине потока. Подобным образом образуется **внутриводный лёд**, или **шуга**, являющаяся причиной **зажоров** на многих реках России в холодный период года (обычно в начале зимы).

Отметим, что на температуру замерзания воды оказывает влияние солёность, с увеличением которой на каждый процент температура замерзания понижается на $0,54^{\circ}\text{C}$.

Теплоемкость воды также обладает аномальными свойствами. Теплоемкость – то количество теплоты, которое необходимо для повышения температуры единицы массы какого-либо вещества на 1°C . Чистая вода обладает наибольшей из всех известных жидких и твёрдых веществ теплоёмкостью. Это означает, что при поглощении определенного количества тепла температура воды повысится меньше, чем у любого другого вещества. Верно и обратное: при охлаждении вода отдаёт большее количество тепла, чем такое же количество любого другого твёрдого вещества или жидкости. Благодаря этому свойству вода способна накапливать максимальное количество тепла из всех веществ. Высокая теплоемкость воды обеспечивает постоянство температуры тела человека и других теплокровных животных и в жару, и в холод.

Эта особенность воды имеет огромное значение в природе. Вода является хранителем и переносчиком тепла, а также тепловым стабилизатором климата. Океаны – огромные резервуары тепла, и благодаря океаническим течениям происходит сглаживание температуры между экваториальными и полярными областями Земли. Например, течение Гольфстрим делает Мурманск незамерзающим портом, тогда как Архангельск, расположенный на 500 км южнее, зимой надолго закрывается льдом. По долинам сибирских рек, текущих с юга на север, тайга вклинивается далеко на север, потому что реки отепляют прилегающие к ним территории. Реки также отепляют морские северные заливы, в которые они впадают и отдают не только воду, но и тепло. Для северных морей этот эффект отепления имеет большое экологическое значение, создавая более благоприятные условия для развития организмов, в том числе рыбных популяций.

Суточные и сезонные колебания температуры атмосферы уменьшаются вблизи водных объектов. За счет различия теплоемкости суши и океана возникают системы бризовых и муссонных ветров.

Ещё две «аномалии» воды – это теплота плавления и теплота испарения. **Теплота плавления** – это количество теплоты, которое требуется, чтобы перевести определенное количество твёрдого вещества в жидкое состояние при его температуре плавления. Такое же количество теплоты выделяется, когда эта же масса жидкости переходит в твёрдое состояние. Аналогично определяется **теплота испарения** – это количество теплоты, которое нужно подвести к массе воды для того, чтобы превратить её в пар. Равное количество теплоты выделится при конденсации этого количества водяного пара.

Чтобы испарить воду, надо затратить огромное количество тепла. Это свойство воды также связано с ее структурой: при плавлении льда и испарении воды должны быть разорваны водородные связи, что требует больших количеств энергии в форме тепла. Для того чтобы испарить 1 г воды, нагретой до 100°C , требуется вшестеро больше тепла, чем для нагрева такого же количества воды от 0 до 80°C .

Тепловые особенности воды играют важнейшую роль в природе. Четвертая часть солнечной энергии, попадающая на поверхность планеты, затрачивается на испарение. Это тепло поступает в атмосферу и перемещается по поверхности, формируя круговорот воды. Кроме воды, при этом переносится тепло, затраченное на испарение. Когда пар конденсируется, это тепло выделяется, способствуя более равномерному распределению тепла и воды по поверхности Земли. Если бы теплота испарения была ниже, то климат на земле был бы более континентальным. Например, зона вечной мерзлоты в Северном полушарии сместилась бы к югу.

Гидросфера является основным регулятором тепла на Земле, постепенно накапливая его в течение тёплого периода года и отдавая в течение холодного. Именно поэтому, например, климат Западной Европы намного мягче, чем климат тех частей Сибири, которые расположены на той же широте, так как они удалены от океанов.

Теплоёмкость сухой почвы примерно в 5 раз ниже, чем теплоёмкость воды. Поэтому почва, содержащая большее количество влаги, медленнее прогревается и медленнее остывает.

Теплоемкость воды зависит от ее температуры. Минимум теплоемкости воды наблюдается в интервале температур 36 – 39°C, т. е. нормальной температуре большинства теплокровных животных, что обеспечивает их более высокую энергоэффективность, поскольку для поддержания постоянной температуры тела требуется относительно меньше энергии.

Пары воды в атмосфере играют и другую роль: они поглощают инфракрасное (тепловое) излучение Земли, создавая парниковый эффект. Подчеркнем, что роль водяного пара в создании парникового эффекта значительно существеннее, чем роль углекислого газа (но человеческое хозяйство почти не влияет на концентрацию в атмосфере водяного пара – в отличие от других парниковых газов). Хотя сейчас говорят о парниковом эффекте, в основном, в тревожных тонах, следует подчеркнуть, что его роль в создании благоприятных для жизни условий очень важна. Если бы не было парникового эффекта, то, по расчетам ученых, средняя температура поверхности Земли упала с нынешних +15°C до –14°C, т.е. жизнь на Земле была бы невозможна, по крайней мере, на большей части территории.

Высокое значение теплоты плавления льда имеет огромное значение в плавности перехода от лета к зиме. Для таяния льда весной требуется большое количество тепла, поэтому таяние снега происходит сравнительно медленно. Если бы для плавления льда требовалось меньше тепла, это приводило бы к систематическим катастрофическим паводкам. С другой стороны, осенью при льдообразовании происходит выделение скрытой теплоты замерзания. Известно, что при замерзании 1 м³ воды выделяется такое же количество тепла, как и при сжигании 10 кг угля. Этот процесс тормозит резкое наступление холодов.

Аномальные теплофизические свойства воды используются человеком в производственной деятельности. Так, воду широко применяют в производстве как удобный и доступный охладитель в самых разнообразных технологических процессах. Другой пример можно привести из области сельского хозяйства и садоводства. Когда поздней весной внезапные ночные заморозки угрожают цветущим плодовым деревьям, опытные садоводы находят совершенно неожиданный на первый взгляд выход – дождевание сада. Скрытая теплоты плавления воды играет роль шубы, сохраняя от замерзания раскрывающиеся почки и лепестки цветов.

Вода обладает очень низкой **молекулярной теплопроводностью**, меньшие значения характерны лишь для воздуха, т.е. вода является отличным теплоизолятором. Благодаря этому свойству вода медленно нагревается и остывает, а передача тепла в водах рек, озёр и морей происходит, в основном, за счет перемешивания масс воды, так называемой **конвекции**. Снег предохраняет почву от промерзания. Ледяной покров на водных объектах также препятствует более глубокому промерзанию водной массы.

Вода обладает аномально высокой **диэлектрической проницаемостью** и дипольным моментом [1]. В результате любые заряды в воде отталкиваются или притягиваются с силой в 80 раз больше, чем в вакууме. Эта сила способствует не

только разъединению многих твёрдых веществ в воде на молекулы, но также «растаскивает» молекулы на составляющие их ионы, т.е. диссоциации молекул. Это свойство воды так значимо, что по существу бóльшая часть химии как науки является водной химией и большинство химических технологических процессов или методов анализа веществ (так называемая *аналитическая химия*) реализуются в водной среде.

Большинство веществ в той или иной степени растворимы в воде. Как следствие, абсолютно чистой воды в природе нет, и чтобы получить воду без примесей, необходимо затратить много энергии. В воде нет нейтральных молекул соли, а есть только гидратированные ионы. Чистая дистиллированная вода не проводит электрический ток и обладает большим электрическим сопротивлением, а проводимость воды пропорциональна концентрации солей. В присутствии солей температура замерзания воды уменьшается. Например, морская вода замерзает при температуре $-1,9^{\circ}\text{C}$. Поэтому при замерзании морской воды формируется пресный лед. Этот эффект используется для опреснения воды, например в холодных районах.

Отщепляя ион от кристаллической решётки, молекулы воды благодаря водородным связям окружают его, образуя так называемую **гидратную оболочку**. Силы притяжения настолько велики, что эта оболочка может сохраняться даже тогда, когда вещество выпадает в осадок. Вот почему в состав многих минералов входит вода. Например, всем известная сода по весу состоит на 55% из воды.

При растворении затрачивается энергия на разрыв связей молекул или ионов твёрдого вещества, так что при растворении чаще всего происходит снижение температуры воды. Например, при растворении метана поглощение тепла может привести к образованию льдистой структуры. Большие залежи твёрдого гидратированного метана находятся в зонах вечной мерзлоты.

Вода является очень слабым электролитом. Диссоциирует лишь незначительная доля молекул воды (при $t = 25^{\circ}\text{C}$ примерно одна молекула из $5 \cdot 10^9$) по схеме: $\text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}^+ + \text{OH}^-$.

В результате диссоциации воды образуется гидратированный катион водорода $[\text{H}^+ \cdots \text{OH}_2]$ – ион гидроксония и анион OH^- – гидроксид-ион. Если в воде концентрация ионов гидроксония и гидроксид-ионов одинаковая, то вода имеет нейтральный вкус, т.е. реакция водной среды нейтральная. Избыток ионов гидроксония придает воде кислый вкус, и чем ионов водорода в воде больше, тем она кислее. Избыток в воде ионов гидроксида придает воде щелочной (мыльный) вкус.

Кислотность водных систем (в водоемах, в живых организмах) имеет громадное значение для существования всего живого на нашей планете. При $\text{pH} < 5,2$ погибают живые организмы в открытых водоемах. Поэтому кислотные дожди, снижающие величину pH воды, так опасны для биоты.

Если в одном литре природной воды содержится до 1 г (1000 мг) растворённых веществ, то её считают пресной, от 1 до 25 г – солоноватой, от 25 до 50 г – солёной (или морской солёности) и выше 50 г – высокосолёной (или рассолом). В морской воде содержание солей изменяется от нескольких единиц до десятков граммов на литр, например, в Балтийском море их не более 5 г/л, в Чёрном – 18, а в Красном море – около 40 г/л. В среднем в 1 л океанской воды растворено около 35 г солей. Общее количество их настолько велико, что, выделенные из воды, они покрыли бы поверхность земного шара слоем стометровой толщины.

В морской воде преобладающими ионами являются натрий и хлорид, а в пресных водах – кальций, магний и бикарбонат.

Присутствие в природных водах солей магния и кальция необходимо для нормального функционирования организмов. С другой стороны, соли магния и кальция, так называемые **соли жёсткости**, склонны к формированию осадка. Это происходит при нагревании воды. Накипь (карбонат кальция), откладываясь на стенках водонагревательных устройств, таких как бойлеры, водонагревательные колонки, а также на стенках труб горячего водоснабжения, нарушает циркуляцию воды и, соответственно, процесс теплообмена. Это приводит к перегреву нагревательных элементов, перерасходу энергии. Отложение накипи является причиной до 90% аварий водонагревателей. Высокая жесткость ухудшает органолептические свойства воды, придавая ей горьковатый вкус и оказывая отрицательное действие на органы пищеварения.

Физические свойства воды резко меняются, когда она попадает в **дисперсные среды**, например в глины. При этом формирующиеся пасты могут отвердевать. В природных условиях такие «сцементированные» структуры наблюдаются в виде гряд на дне рек. Далее может произойти упрочнение таких водно-дисперсных структур. Однако при этом наблюдается эффект потери прочности, называемый **тиксотропией**, при внешних механических воздействиях, например при вибрации. Такая внезапная потеря прочности грунта может иметь серьезные последствия, вызывая разрушение строений, стоящих на тиксотропных грунтах.

Поверхностное натяжение. Молекулы, находящиеся внутри массы воды, взаимодействуют с молекулами-диполями со всех сторон. Если молекула находится на поверхности раздела фаз (например «вода – атмосфера»), притяжение возможно только с одной стороны. Некомпенсированное взаимодействие вызывает эффект **поверхностного натяжения** на поверхности соприкосновения жидкости с газом, твёрдым телом или другой жидкостью.

Поверхностное натяжение стремится уменьшить поверхность жидкости до минимума. Поэтому капли жидкости имеют сферическую форму, так как поверхность шара (сфера) имеет площадь, наименьшую из всех геометрических фигур равного объема. Из-за большого поверхностного натяжения воды капли дождя обладают упругостью и, соответственно, высокой разрушительной силой, способствуя размыву пород и формированию **осадочных пород**, из которых состоит большая часть поверхности земли. Без тонкодисперсных осадочных пород было бы затруднено образование **почв**. Поверхностное натяжение воды больше, чем у любой другой жидкости, кроме ртути, но внесение даже минимального количества других веществ резко уменьшает ее поверхностное натяжение. Некоторые насекомые, например водомерки, будучи тяжелее воды, поддерживаются на её поверхности натяжением и не тонут.

Поверхностное натяжение играет роль в образовании волн на поверхности воды.

Другим проявлением эффекта поверхностного натяжения является свойство **смачивания**. Оно наблюдается при взаимодействии молекул воды с молекулами соприкасающегося с ней твёрдого тела. В зависимости от сил молекулярного взаимодействия с молекулами твёрдого тела, т.е. в зависимости от его специфики, вода обладает свойствами или полного, или частичного смачивания, или полного несмачивания.

К счастью, для большинства природных минералов вода обладает именно свойством смачивания. Благодаря этому происходит перемещение влаги по капиллярам грунтов вопреки силе тяжести, позволяя воде подниматься на высоту до 10–12 м. Чем меньше радиус капилляра, тем больше отношение периметра смачивания к площади сечения, оно обратно пропорционально радиусу капилляра.

Поэтому столь велика в биосфере и геологии роль капилляров. Смачивание играет огромную роль в удержании влаги в почве, не допуская скатывания ее в глубокие горизонты, а также в растениях, способствуя проникновению влаги из корневой системы в само растение.

В узких капиллярах возникают структурно упорядоченные слои воды вблизи твердой поверхности. Структурирование распространяется вглубь жидкой фазы на толщину слоя порядка десятков и сотен молекул. Развитые межмолекулярные контакты с поверхностью твердых тел и структурная упорядоченность являются причиной того, что поровая вода замерзает при более низкой температуре, чем свободная вода.

Еще одним примером аномальности свойств воды является необычное температурное поведение ее сжимаемости, то есть степени уменьшения объема при увеличении давления. Обычно сжимаемость жидкости растет с температурой, поскольку при высоких температурах жидкости более «рыхлы» (имеют меньшую плотность) и их легче сжать. Вода обнаруживает такое нормальное поведение только при высоких температурах. При низких температурах сжимаемость ведет себя противоположным образом, в результате минимальная сжимаемость наблюдается при температуре 45°C.

Это и другие аномальные свойства воды имеют объяснение в противоборстве двух процессов: один процесс – это обычное тепловое движение, которое усиливается с ростом температуры и увеличивает хаотичность структуры; другой процесс – необычный, присущий только воде и связанный с ее структурированием при низких температурах. Поэтому экстремумы ряда свойств воды наблюдается при промежуточной температуре между температурой затвердевания и кипения.

Вода прекрасно проводит **звуковые волны**. Скорость распространения звука в воде примерно в 4–5 раз больше скорости распространения звука в воздухе. Звуковые и ультразвуковые волны мало искажаются в водной толще. Такие акустические свойства воды позволяют ориентироваться и общаться друг с другом водным животным, например дельфинам. На этом свойстве основана **гидроакустика**, т.е. физический эффект, позволяющий распознавать нахождение в воде различных предметов (например подводных лодок), а также **гидролокация**, т.е. способ определения местоположения предметов в воде.

Все перечисленные свойства воды определяются природой и структурой электронных оболочек атомов кислорода и водорода, типом и свойствами химических связей, возникающих при образовании молекулы воды, и в конденсированном состоянии (в жидком или в твердом) – между молекулами воды.

Изучение воды продолжается. Существуют некоторые явления, связанные с водой, которые до сих пор не имеют строгого научного объяснения, например информационные свойства. Изучение воды – самого загадочного вещества на Земле – продолжается. Главное заключается в том, что жизнь на Земле возможна благодаря воде и ее уникальным свойствам. Поэтому задача человечества – сохранить воду в природном состоянии, не подорвать эту основу жизни.

Список литературы

1. Химическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия, 1988. – 626 с.
2. Краткий справочник физико-химических величин. Л.: «Химия», 1974. – 200 с.
3. Зенин С.В. Принципы научного обоснования биоэнерготерапии. М. 2007.

Копылова-Валова Валентина Дмитриевна – д.х.н., профессор, Российский университет кооперации, Мытищи

Веницианов Евгений Викторович – д.ф.-м.н., профессор, зав. лабораторией охраны вод Института водных проблем РАН, Москв

Kopylova-Valova Valentina D. – d.c.s., the professor, Russian University of Cooperation, Mytishchi

Venitsianov Ecgeniy V. – Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Head. Laboratory Water Protection Institute of Water Problems, Moscow