

Физико-математические науки

ВОДА В ЖИВЫХ ОРГАНИЗМАХ

М.А. Кутимская, М.Ю. Бузунова

*Иркутская государственная
сельскохозяйственная академия
Иркутск, Россия*

Вода играет исключительную роль в биосфере [1]. Она растворяет в себе всё, начиная от газов воздуха и кончая элементами горных пород, разница только в скорости растворения. Благодаря такому

свойству вода способна доставлять питательные вещества организмам и участвовать в биологических реакциях. При радиолизе воды образуются свободные радикалы OH и атомы кислорода – O и водорода – H [2]. Они активно вступают в реакцию друг с другом и с молекулами воды, образуя перекись H_2O_2 в живых организмах.

Рассмотрим схему:



При поглощении энергии излучений молекула воды ионизируется, возникает положительный ион и происходит диссоциация:



при которой образуется ион H^+ и свободный радикал OH^- . Электрон, выбитый из молекулы воды взаимодействует с другой молекулой и возникает отрицательный ион воды. При его диссоциации образуется ион OH^- и атом водорода. Радикалы реагируют с любым растворенным веществом, меняют аквакомплексы ионов кальция. Если в воде растворен кислород, то образуется перекись водорода – активный стимулятор окисления и перегруппировки молекул.

Вода обладает исключительными информационными свойствами. Она сутками «помнит» электромагнитное воздействие, сжимая или разжимая «пружины» водородных связей. Водородные связи незаменимы в стабилизации биоструктур наряду с силами Ван-дер-Ваальса. Мы знаем, что отклонение от законов идеальных газов определяется уравнением Ван-дер-Ваальса для газов [3]:

$$\left(p + \frac{a}{v^2} \right) \cdot (v - b) = nRT , \quad (3)$$

где a и b – постоянные, определяющие взаимное положение и отталкивание молекул.

Силы Ван-дер-Ваальса имеют электромагнитную природу и определяются взаи-

модействием электрических диполей в соседних молекулах. Силы Ван-дер-Ваальса играют большую роль в образовании конденсированных жидких и твердых состоя-

ний, во взаимодействиях на поверхности раздела фаз. Характерная энергия Ван-дер-Ваальсовых взаимодействий лежит в диапазоне 4–8 КДж/моль, тепловая энергия молекулы при комнатной температуре ($T = 300^\circ K$) составляет $RT \cong 48$ Дж/моль·град. Энергия ковалентных связей 170-130 КДж/моль. Обменные взаимодействия происходят при перекрывании волновых функций электронов на расстояниях $\sim 0,1$ нм (длины химических связей) и убывают с расстоянием. Для пары ковалентно несвязанных атомов минимально возможное расстояние $\sim 0,3$ нм [3]. Силы Ван-дер-Ваальса лежат в основе формирования ряда биоструктур, например, биспиральных полинуклеотидов.

С учетом водородных связей и электростатического отталкивания суммарное значение энергии взаимодействий составит – 27,9 КДж/моль. Водородная связь осуществляется между электроотрицательными атомами (O, N, F, Cl) с участием водорода, который образует ковалентную связь с одним из них. Для водородной связи расстояние меньше Ван-дер-Ваальсовых радиусов. Так для $O...O$ сумма Ван-дер-Ваальсовых радиусов составляет 0,32 – 0,36 нм [2], а при образовании водородной связи $O - H...O$ это расстояние сокращается до 0,25 – 0,3 нм. В муравьиной кислоте расстояние $O - H$ в гидроксиле равно 0,1 нм, длина водородной связи – 0,167 нм. На энергию одной H связи приходится 29,6 КДж/моль для той же кислоты.

Значение энергии H -связи лежит в пределах 12,6 – 33,6 КДж/моль. Протон может двигаться между электроотрицательными атомами водородной связи вдоль прямой, соединяющей их. Проявляется водородная связь в спектрах, в которых происходит уширение и увеличение интенсивности инфракрасных полос поглощения $O - H$ – групп. Частоты колебаний групп, содержащих водород, снижаются при образовании с ним водородных связей. Жидкая вода – система с сильно развитыми водородными связями. Максимум функции распределения энергии водородной связи соответствует расстоянию между атомами кислорода $R_{O-O} = 0,286$ нм. В упорядоченной структуре R_{O-O} сокращается до 0,275 нм [3].

Быстрый обмен между протонами молекул воды вовлекает все фракции воды, включая молекулы, находящиеся во внутренних слоях белка. Всё это делает систему биополимер–вода единой кооперативной системой, в которой любые изменения в состоянии, как растворителя, так и макромолекулы, носят взаимообусловленный характер.

Вода входит в состав всех жидкостей и тканей человеческого тела, обеспечивает перенос веществ и продуктов обмена. В тканях она находится в связанном состоянии – она не вытекает при рассечении органа, обеспечивает водно-солевой обмен. Её электролитические свойства обеспечи-

вают клетки тканей и органов ионами (Na^+ , K^+ , Ca^+ т.д.). Соли переносятся к клеткам с кровью или лимфой.

Рассмотрим транспортные функции кровеносной и лимфатической систем. Гемодинамические процессы можно рас-

сматривать на основе анализа прохождения тока в электрических цепях. Деформирующийся сосуд с кровью имеет своей аналогией длинную электрическую линию (рис. 1). Вязкое сопротивление можно найти из выражения:

$$R = 8\pi\eta / S^2, \quad (4)$$

где η - динамическая вязкость крови; S – сечение сосуда.

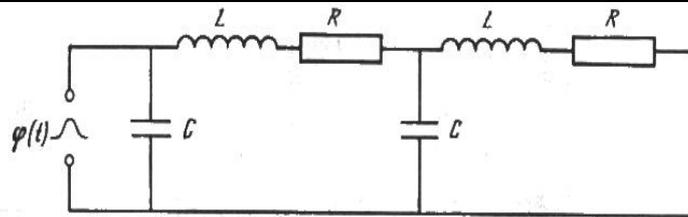


Рис. 1. Электрическая линия, эквивалентная упругому сосуду, наполненному кровью.

Гемодинамическая ёмкость определяется:

$$C = 2rS / Eh, \quad (5)$$

где E – модуль Юнга; h – поперечный размер сосуда.

Инерционная индуктивность единицы длины сосуда:

$$L = \rho / S, \quad (6)$$

где ρ - плотность крови.

Рис. 1 можно описать гемодинамическими телеграфными уравнениями вида:

$$\frac{\partial^2 P}{\partial y^2} = LC \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} + RC \frac{\partial P}{\partial t}, \quad (7)$$

$$\frac{\partial^2 Q}{\partial y^2} = LC \frac{\partial^2 Q}{\partial t^2} + RC \frac{\partial Q}{\partial t}, \quad (8)$$

где P – давление крови, Q - объемная скорость крови; y – шаг по длине сосуда.

Для решения уравнений (7), (8) нами [4] был использован стандартный способ разделения переменных. Для пульсовой волны можно записать:

$$P = P_0 e^{-\chi y} \cos(\omega t - \beta y), \quad (9)$$

где $P_0 = 6994,4$ Па; $\chi = 0,27$; $\omega = 6,28$; $\beta = 1,42$.

В результате получены затухающие гармонические волны давления крови. Те же уравнения (4-8) использовались нами в качестве модели движения лимфы между лимфатическими узлами [5]. Использовались основные параметры лимфы: $Q = Si$ - объемная скорость лимфы; ρ - удельное сопротивление (у цитоплазмы $\rho = 100 - 300$ Ом·см; у тканевой жидкости $\rho = 30 - 100$ Ом·см).

Величины, характеризующие обе системы, в частности давление крови, скоро-

сти кровотока и лимфы существенно зависят от состояния обезвоживания организма. Так в работе [6] доказывается, что все функции организма зависят от рационального движения воды (рис. 2, 3).

Любые боли, прежде всего, служат сигналом обезвоживания организма, которое может быть убрано с помощью нескольких стаканов чистой, структурированной по типу снежинки [7] воды.



Рис. 2. Регулирование воды в организме

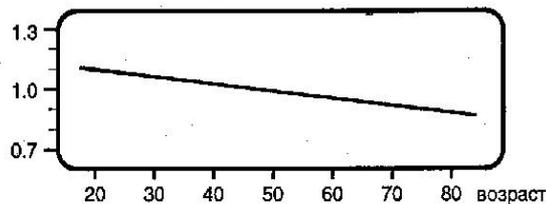


Рис. 3. Изменение соотношения между содержанием воды внутри и вне клеток

Список литературы

1. Кутимская М.А., Волянюк Е.Н. Бионоосфера: учеб. пособие. – Иркутск: Иркут. ун-т., 2005. – 212 с.
2. Ягодинский В.Н. Космический пульс биосферы. – М.: Знание. – 1975. – 143 с.
3. Рубин А.Б. Биофизика. Учебник. – М.: Наука, 2004. – Т. 1. – 462 с.
4. Кутимская М.А., Биофизические основы кровеносной системы животных и человека / Природные и материальные ресурсы Сибири (Сибресурс – 12 – 2006): Материалы 12-й МНПК. – Томск:

САНВШ; Изд-во «В-Спектр», 2006. – С. 382-385.

5. Кутимская М.А. Биофизические основы иммунной системы человека в свете современного состояния природы и мета-социума. /Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири (Сибресурс-13-2007). Материалы 13 МНПК. – Томск: САНВШ, В-Спектр, 2007. – С. 326-331.

6. Батмангхелидж Ф. Ваше тело просит воды. – Мн.: ООО «Попурри», 2004. – 208 с.

7. Эмото М. Тайная жизнь воды. / М. Эмото; пер. с англ. О.Г. Белошеев. Мн.: ООО «Попурри», - 2006. – 160 с.