

## О КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ РИТМАХ В ВОДЕ И БИОРИТМАХ

*Дроздов А.В., Нагорская Т.П.*

Учреждение Российской академии наук Институт аналитического приборостроения РАН,  
Санкт-Петербург, Россия  
e-mail: av@biophys.ru

Ритм (греч. Rhythmós от rheó – теку) – чередование каких-либо элементов, происходящее с определенной последовательностью, частотой; скорость протекания, совершения чего-либо. Биоритм – это периодическое изменение характера и интенсивности биологических процессов и явлений. Выяснение природы биоритмов, механизма их формирования и поддержания является актуальной задачей современной науки о живом.

При исследовании физических основ функционирования живых систем все большее внимание уделяется изучению физических свойств воды, в частности ее структуры и структурной динамики. И это понятно почему, так как переоценить значимость роли воды в биологических процессах сложно.

Согласно двухструктурным моделям [1], вода имеет локальные различия структуры с постоянной динамикой взаимных переходов. Исходя из этого, увеличение и уменьшение уровня поглощения падающего излучения можно связать с увеличением и уменьшением числа структурных неоднородностей, т.е. со структурной динамикой.

Спектроскопия комбинационного рассеивания, ИК-спектроскопия, СВЧ-спектроскопия и ЯМР на сегодняшний день общепризнанны как структурно-чувствительные методы в исследованиях свойств воды и водных растворов. Важным показателем в этих методах, отражающим структурные характеристики воды, является - интенсивность поглощения/излучения зондирующего излучения. В нашей работе исследовалась временная динамика интегральной интенсивности поглощения/излучения электромагнитной энергии водой и водными растворами.

Методика эксперимента в ИК-спектроскопии заключалась в анализе временной динамики интегральной интенсивности поглощения в водных ИК-полосах ( $2120\text{ см}^{-1}$ ,  $3400\text{ см}^{-1}$ ,  $5180\text{ см}^{-1}$ ,  $6880\text{ см}^{-1}$ ), методом рамановской спектроскопии исследовалась динамика интенсивности комбинационного рассеивания в полосе  $3400\text{ см}^{-1}$ , в СВЧ-спектроскопии – динамика мощности излучения на частоте 1ГГц, а в ЯМР - динамика интенсивности сигнала спада свободной индукции в магнитном поле Земли. В качестве образцов во всех

исследованиях использовалась бидистиллированная вода (удельная электропроводность  $\sim 4 \text{ мкСм/см}$ ,  $\text{pH} \sim 6$ ), а также водные растворы  $\text{NaCl}$  различной концентрации.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что независимо от используемого метода исследования в динамике изменений интенсивности поглощения/испускания наблюдаются хорошо воспроизводимые периодичности. Иными словами в структурной динамике наблюдается упорядоченность структурных переходов. На рис.1-2 представлена характерная временная динамика ИК-полосы поглощения воды  $6820\text{-}7000 \text{ см}^{-1}$ .

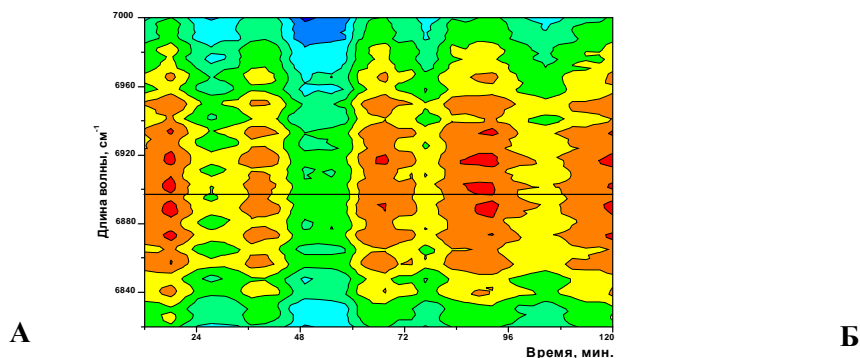


Рис.1. Временная динамика интенсивности поглощения ИК-полосы  $6820\text{-}7000 \text{ см}^{-1}$ .

Обработка динамики интегральной интенсивности поглощения/испускания с помощью вейвлет анализа позволила определить, что во всех исследованиях в воде наблюдаются одинаковые периоды изменений интенсивности. Значение этих период составляет 6-10 мин., 20-30 мин, а так же около 50 минут. Полученные нами результаты хорошо совпадают с наблюдаемыми в работе [2] периодами светорассеяния в воде ( $\sim 10$  мин. и  $\sim 20$  мин.). Все результаты имели хорошую воспроизводимость.

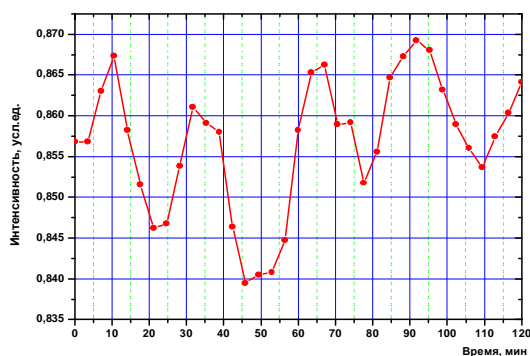


Рис.2. Интенсивность поглощения вдоль линии А-Б (рис.1) ИК-полосы  $6820\text{-}7000 \text{ см}^{-1}$ .

Поскольку общепринято, что ионы электролитов, влияя на структуру воды, вносят заметные изменения в структурную динамику, то нами были проведены эксперименты по изучению влияния процесса растворения  $\text{NaCl}$ . Полученные результаты подтверждают эти предположения.

На наш взгляд, предполагаемый механизм возникновения периодичности заключается в изменении соотношения *орто*- /*пара*-молекул воды в исследуемом образце. *Орто*- и *пара*-молекулы воды различаются по вращательным степеням свободы, что приводит к различному характеру их взаимодействия как друг с другом, так и в кластерах. Именно это различие возможно и лежит в основе двухструктурной модели воды и связанной с ней структурной динамикой. Проведенные нами прямые ЯМР эксперименты говорят в пользу предположения о том, что механизм, ответственный за наблюдаемые в наших экспериментах периоды, связан именно с изменением соотношения *орто*- /*пара*-молекул воды.

По-видимому, важным фактором, определяющим формирование в водосодержащих жидкостях устойчивых колебательных процессов, является характер межмолекулярного взаимодействия молекул воды с внешними электромагнитными полями и излучениями. Так в

частности, наличие в составе воды молекул с магнитными моментами (*орто*-молекулы) может быть причиной изменения параметров колебаний при действии магнитного поля.

Обнаруженные колебательные процессы в воде могут «пролить свет» на понимание механизма биоритмов, поскольку именно в воде протекают все биохимические реакции, лежащие в основе всего живого. Выявленные в ходе выполнения данной работы периоды колебаний в воде совпадают с периодами характерными для живой природы. К ним, в частности, относятся колебания активности ферментов [3], белковая активность [4].

Общепринятой теории функционирования «биологических часов» не существует. Обсуждаются три основных молекулярно-биохимических гипотезы: 1) автоколебания биохимических процессов, 2) генетическая регуляция и 3) автоколебания мембранной проницаемости. Нам представляется наиболее вероятной мембранная гипотеза [5]. С нашей точки зрения, регуляция биоритмов определяется периодическими изменениями проницаемости клеточных мембран за счет изменения соотношения *орто*- /*пара*-молекул воды внутри клетки. Изменение проницаемости приводит к возникновению ионных потоков, что и определяет цикличность работы клетки.

Полученные результаты позволяют выдвинуть предположение, что в основе всех биоритмов лежит периодичность физико-химических процессов, которая тесно связана с периодическими ритмами в воде, обусловленные циклическими колебаниями геофизических факторов.

#### **Литература**

1. Самойлов О.Я.// Структура водных растворов электролитов и гидратация ионов. М. Изд-во АН СССР, 1957.
  2. Черников Ф.Р.// Биофизика, 1986, т.31, №4, с.596.
  3. Шноль С.Э., Намиот В.А., Жвирблис В.Е. и др. // Биофизика, 1983, т.28, №1, с.153.
  4. D.J.Morré, J.Orczyka, H.Hignite, C.Kim, //Journal Inorganic Biochemistry, 2008, v.102, p.260.
  5. Njuis D., Sulzman F.M., Hastings J.W. Membrane model for the circadian clock// Nature, 1974, v.248, p.116.
-