

ФИЗИЧЕСКИЕ И БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ С УМЕНЬШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕЙТЕРИЯ

Лобышев В.И.

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Биологические эффекты обедненной дейтерием воды (ОДВ) противоречивы, а молекулярные механизмы действия столь малых (природных) концентраций стабильных изотопов не ясны [1-3]. Поэтому важно знать объективные физические свойства ОДВ. Максимальное отличие, наблюдаемое в вязкости тяжелой воды от обычной составляет всего 20%, а содержание дейтерия в природной воде примерно равно 0,015%. Смеси обычной и тяжелой воды можно считать идеальными, а физические характеристики считать линейно зависящими от концентрации дейтерия. В этом случае ожидаемые вариации изотопных эффектов должны лежать в области 0,001%. Существует ряд публикаций о физических свойствах ОДВ сильно отличающихся от свойств обычной воды, однако, к сожалению, они содержат множество технических погрешностей [4, 5].

Гигантский кинетический изотопный эффект (КИЭ) был обнаружен при восстановлении бензохинона в присутствии Os-органических комплексов, содержащих фосфоро-водородные связи, в смеси ацетонитрил-вода (H_2O or D_2O) варьирует от 198 до 455 [6]. Однако, эти реакции очень специфичны и такие КИЭ никогда не регистрировали в биологических системах. В любом случае, кроме КИЭ, необходимо еще учитывать вероятность попадания дейтерия в активный центр ферментативной реакции.

Поскольку большую роль играют диффузионные процессы, нами исследовано набухание семян гороха и сфер из гидрогеля в ОДВ и обычной воде. Используемая ОДВ (ОАО «Алмаз») содержала $D=4\text{ppm}$, $^{18}O=849\text{ppm}$ and $^{17}O=170\text{ppm}$. Электропроводность ОДВ и дистиллированной воды составляла 3.61 and 2.39 $\mu\text{C}/\text{cm}$ при 24°C . Сухие сферы из гидрогеля диаметром около 1 мм помещали в чашки Петри и заливали водой. Через определенные интервалы времени образцы гидрогеля доставали из воды, осушали на фильтровальной бумаге и взвешивали. Затем образцы возвращали в чашки Петри с водой и повторяли эту процедуру через 10 минут. Аналогичная процедура была применена к сухим семенам гороха *Pisum sativum* L. *convar axiphium*. С точностью 1% кривые набухания семян и сфер гидрогеля не различались в ОДВ и обычной воде в течение 2 ч.

Время спин-спиновой релаксации протонов воды было измерено методом спин-эхо ЯМР. В диапазоне концентраций дейтерия 1.5% - 4ppm величина T_2 изменялась от 1888 до 1710 мс в отличие от изменений, опубликованных в [4]. Измерения скорости ультразвука с высокой точностью в диапазоне температур $10-30^\circ\text{C}$ и 4-145 ppm дейтерия подтвердили ожидаемую линейную зависимость без аномального поведения. Заметных изотопных эффектов в вязкости также не обнаружено.

Библиографические ссылки

1. Киркина А.А., Лобышев В.И., Лопина О.Д. др. Isotopic Effects of Low Concentration of Deuterium in Water on Biological Systems // Биофизика. 2014. Т. 59. С. 399-407.
2. Лобышева Н.В. и др. Функциональная активность митохондрий в водной среде с уменьшенным содержанием дейтерия // Биофизика. 2020. Т.65. С. 315-319.
3. Syroeshkin A.V., Antipova N.V., Zlatska A.V. et. al. The effect of the deuterium depleted water on the biological activity // J. of Trace Elements in Medicine. 2018. Vol.50. P. 629-633.
4. Goncharuk V.V. et. al. Physicochemical properties and biological activity of the water depleted of heavy isotopes // J.of Water Chem. Technol. 2011. Vol. 33. P. 8-13.
5. Goncharuk V.V., Kavitskaya A.F., Romanyukina I.Yu., Loboda O.A. Revealing water's secrets: deuterium depleted water // Chem. Central J. 2013. Vol. 7. P. 103-107.
6. Hang My, Huynh V., Meyer T.J. Colossal kinetic isotope effects in proton-coupled electron transfer // PNAS. 2004. Vol.101. P. 13138-13141.