

Универсальный диэлектрический отклик в биологических материалах

К.А. Мотовилов¹, Е.С. Жукова^{1,2,3}, М. Савинов⁴, А.А. Пронин², П. Бедняков⁴,
А.С. Прохоров^{1,2}, З.В. Гагкаева¹, К.В. Сидорук⁵, А.К. Гребенко¹, Л.С. Кадыров^{1,2},
П.Ю. Барзилович¹, В. Гриненко⁶, В.И. Торгашев⁷, М. Дрессель¹, Б.П. Горшунов^{1,2,3}

¹Московский физико-технический институт, Долгопрудный, РФ

²Институт общей физики РАН им. А.М.Прохорова, Москва, РФ

³1.Physikalisches Institut, Universität Stuttgart, Штутгарт, Германия

⁴Institute of Physics AS CR, Прага, Чехия

⁵Научный центр ГОСНИИ генетики и селекции промышленных микроорганизмов,
Москва, РФ

⁶Institute for Metallic Materials, IFW, Дрезден, Германия

⁷Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, РФ

Транспорт зарядов необходим для существования, функционирования и развития живых организмов. Однако микроскопические механизмы переноса зарядов в материалах биологического происхождения все еще до конца не изучены. Целью данной работы стало исследование механизмов проводимости и диэлектрической релаксации в различных белковых системах: внеклеточном матриксе электрогенных бактерий *Shewanella oneidensis* MR-1, цитохроме с и бычьим сывороточном альбумине (БСА). В рамках исследования были измерены спектры проводимости и диэлектрической проницаемости указанных материалов в диапазоне частот от 1 Гц до 300 ТГц и интервале температур от 10 К до 300 К.

В диэлектрических спектрах трёх исследованных материалов были обнаружены характерные особенности, неоднократно наблюдавшиеся в широком круге неупорядоченных неорганических фаз и носящие универсальный характер. Так, в спектрах внеклеточного матрикса и цитохрома С обнаружен универсальный диэлектрический отклик (universal dielectric response, UDR) и известные скейлинговые соотношения для динамической проводимости и диэлектрической проницаемости. В низкочастотных спектрах филаментов, цитохрома С и БСА при всех температурах выявлена вторая диэлектрическая универсальность, т.н. явление почти постоянных потерь (nearly constant losses, NCL). Кроме того, в температурном поведении теплоемкости трех материалов зарегистрирован бозонный пик — возбуждение, характерное для разупорядоченных сред и наблюдающееся в нейтронных экспериментах и в спектрах комбинационного рассеяния света. В работе обсуждаются механизмы электропереноса, а также приводятся полученные численные оценки энергетических, временных, пространственных и температурных характеристик исследованных материалов.