

ЯДЕРНЫЙ СПИНОВЫЙ КАТАЛИЗ В ЖИВОЙ ПРИРОДЕ: ПРЕДПОСЫЛКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Кольтовер В.К.

Институт проблем химической физики РАН, Россия, 142432, Московская область,
Черноголовка, E-mail: koltover@icp.ac.ru

Клетки состоят из атомов химических элементов, многие из которых имеют стабильные изотопы двух типов – магнитные и немагнитные. В химической физике давно известны магнитно-изотопные эффекты (МИЭ). Недавно МИЭ были открыты в экспериментах с живыми клетками, обогащенными магнитным или немагнитными изотопами магния. Обнаружены МИЭ в экспериментах с одним из важнейших молекулярных моторов биоэнергетики – миозином, изолированным из гладких мышц (Кольтовер и др., 2016). Скорость гидролиза АТФ миозином в присутствии магнитного изотопа, ^{25}Mg , оказалась в 2.0-2.5 раза выше, чем в присутствии немагнитных изотопов ^{24}Mg и ^{26}Mg . МИЭ был обнаружен и в экспериментах с изотопами цинка. Zn^{2+} в качестве кофактора миозина существенно менее эффективен, чем Mg^{2+} , однако скорость ферментативного гидролиза АТФ с магнитным ^{67}Zn на 40-50% выше, чем с немагнитными ^{64}Zn и ^{68}Zn . Более того, МИЭ был обнаружен при изучении гидролиза АТФ H^+ -АТФ-азой, выделенной из митохондрий дрожжей и реконструированной в протеолипосомы. Начальная скорость гидролиза АТФ с ^{25}Mg оказалась на 20% выше, чем с немагнитным изотопом магния. Из химической физики известно, что МИЭ однозначно свидетельствует о том, что в изучаемом процессе имеется «узкое место» - лимитирующая стадия, зависящая от электронного спинового состояния (S), и что ядерный спин ускоряет эту стадию. Вероятное объяснение каталитического эффекта заключается в следующем. Энергия, выделяемая при гидролизе АТФ (~ 0.54 эВ), недостаточна для электронно-конформационного перехода макромолекулы в синглетное возбужденное состояние. Этой энергии достаточно для перехода в более низкое триплетное состояние ($S = 1$), но такой переход из основного состояния ($S = 0$) запрещен законом сохранения спина. Ядерный спин магнитного изотопа устраняет спиновый запрет, обеспечивая необходимый конформационный переход и, таким образом, ускоряет хемомеханический цикл ферментативной реакции. Альтернативное объяснение МИЭ предполагает возможную роль виртуальной ион-радикальной пары. Другая альтернатива – возможность ускорения конверсии орто и параизомеров молекул воды ядерным спином ^{25}Mg или ^{67}Zn (Koltover, 2017). Полученные результаты демонстрируют принципиальные возможности создания средств управления эффективностью и надежностью технических устройств и новых медицинских препаратов на основе ядерного спинового катализа.

Литература

1. Кольтовер В.К., Лабынцева Р.Д., Карандашев В.К., Костерин С.А. Магнитный изотоп магния ускоряет реакцию гидролиза АТФ миозином. // Биофизика. **61**. 2016. Pp. 239-246.
2. Koltover V.K. Nuclear spin catalysis: from physics of liquid matter to medical physics // J. Mol. Liquids. **235**. 2017. Pp. 44-48.