

## ФРАКЦИОНИРОВАНИЕ ИЗОТОПОВ РАЗНОЙ ЧЕТНОСТИ В БИОСИСТЕМАХ

Демихов Ю.Н., Лысенко О.Б., Скульский Н. А., Соботович Э.В.

ГУ «Институт геохимии окружающей среды» НАН Украины, Украина, E-mail: [nskul86@gmail.com](mailto:nskul86@gmail.com)

В ИГОС НАН Украины занимаются исследованиями поведения триад изотопов водорода ( $^1\text{H}$ ,  $\text{D}$ ,  $\text{T}$ ) и углерода ( $^{12}\text{C}$ ,  $^{13}\text{C}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) в биосистемах, в том числе и в человеке. При изучении этих триад, нами было обнаружено отклонение от масс-зависимого линейного изотопного эффекта, суть которого заключается в пропорциональном изменении поведения всех изотопов одного и того же химического элемента пропорционально изменению масс изотопов. Изучение радиоактивных изотопов ( $\text{T}$ ,  $^{14}\text{C}$ ) интересно ввиду актуальности проблем, связанных с ежегодно увеличивающимся количеством выбросов  $\text{T}$  и  $^{14}\text{C}$  в окружающую среду, за счет антропогенных факторов (АЭС, заводы по переработки ядерного топлива и т.д.).

Известно, что изотопы водорода поступают в человеческий организм с питьевой водой, пищей, ингаляцией и сорбцией через кожный покров. Попадая в организм, вода и пища становятся участниками разнообразных биохимических процессов, в результате чего их атомы могут становиться структурными единицами различных соединений, синтезируемых организмом. Содержание дейтерия в тканях, биологических жидкостях и продуктах метаболизма человека близко к равновесию с внешней средой, т.е. отсутствует концентрирование дейтерия в трофических цепочках. Существует баланс распределения стабильных изотопов водорода в организме: утяжеление воды биологических жидкостей компенсируется облегчением липидов. Тритий обнаруживает противоположную тенденцию - накопления в трофических цепях, более того отмечается наибольшая его концентрация в липидной фракции растений. Противоположное поведение компонентов этой триады может быть связано, по нашему мнению, как с различием дипольных моментов  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HDO}$  и  $\text{HTO}$ ; так и с различными магнитными свойствами ядер этих изотопов; а также с воздействием сверхнизких концентраций химических агентов на биосистемы.

В случае углерода было обнаружено ожидаемое уменьшение значений  $\delta^{13}\text{C}$  в липидных фракциях биосистем. Что касается радиоуглерода ( $\delta^{14}\text{C}$ ), то значение его фракционирования в биосистемах должно было бы достигать больших величин (по сравнению с  $\delta^{13}\text{C}$ ), следуя масс-зависимому изотопному эффекту, чем получено на практике. Однако литературные данные свидетельствуют о наличии концентрирования  $^{14}\text{C}$ , как и  $\text{T}$  в трофических цепочках растений, животных и человека по отношению его содержания в приземном воздухе. В растениях (зеленая трава, пшеница) содержание  $^{14}\text{C}$  превышает более чем в два раза содержание его в приземном воздухе, при отсутствии какого-либо концентрирования  $^{13}\text{C}$  в трофических цепочках.

Несмотря на довольно большое количество работ касающихся радиобиологического воздействия трития и радиоуглерода на живые организмы, остаются во многом не ясными причины (механизмы) внутримолекулярного фракционирования изотопов, так как большинство исследований ограничивается изучением либо стабильных, либо радиоактивных составляющих без сопоставления особенности их поведения.

Фракционирование может быть вызвано различием физических фундаментальных свойств четных и нечетных ядер изотопов (четные – масса ядра, нечетные – масса и спин). Вследствие этого, вероятность химических реакций оказывается зависимой от наличия ядерного спина и величины его взаимодействия с электронным спином – так называемого сверхтонкого взаимодействия, что может сказаться на скорости реакции для изотопных молекул, на энергетическом состоянии и на ядерном магнетизме системы. Второй возможной причиной различия в поведении стабильных и радиоактивных изотопов может быть различие в концентрациях упомянутых изотопов, т.е. воздействие сверхнизких концентраций химических агентов на биосистемы.

Установленные различия в поведении стабильных и радиоактивных изотопов, предположительно связанные либо с четностью ядер, либо со сверхнизкой концентрацией радиоактивных изотопов, обуславливают необходимость более строгого подхода к моделированию процессов фракционирования изотопов различной четности одного и того же химического элемента – данные полученные для изотопов одной четности, могут оказаться нерепрезентативными для изотопов другой четности.

Наши исследования, прежде всего, касаются вариаций естественных концентраций внутримолекулярных изотопов в биологических жидкостях, тканях и продуктах, которые могут служить потенциально мощным ресурсом изотопной информации о состоянии метаболических процессов в организме человека в норме и при патологиях. В практике медицинских и биологических исследований широко применяется метод изотопных индикаторов (меченых атомов), в котором используются как стабильные, так и радиоактивные изотопы. Данный метод позволяет проследить механизмы последовательных биохимических превращений в организме путем наблюдения за поведением меченого атома в продуктах метаболизма, биологических жидкостях и тканях. Однако введение меченых атомов того или иного химического элемента несовпадающего по четности с аналогичными атомами в организме без четкого понимания особенностей их поведения в тех или иных биосистемах может привести к неправильной интерпретации получаемых результатов и соответственно к ошибочной диагностике.

## FRACTIONATION OF ISOTOPES DIFFERENT PARITY IN BIOLOGICAL SYSTEMS

Demikhov J.N., Lysenko O.B., Skulsky N.A., Sobotovich E.V.

The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine. 34a, Palladin ave., Kyiv-142, 03680, Ukraine, Tel. 044-424-14-60 E-mail: [nskul86@gmail.com](mailto:nskul86@gmail.com)