

УДК 577.3

Татушенко М.В., Хорольський О.В., Стеценко С.А.

АКУСТИЧНІ ТА В'ЯЗКОПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДНИХ РОЗЧИНІВ

АРАБІНОЗИ

ВДНЗУ “Українська медична стоматологічна академія”, м. Полтава,
atmus@list.ru

Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка,
м. Полтава, hyperpotential@gmail.com

Дослідження швидких на надшвидких процесів, які протікають у об'єктах біологічного походження є надзвичайно актуальним, оскільки саме вони визначають перебіг захворювання у живому організмі. Для одержання достатньо повної інформації про характер міжмолекулярної взаємодії та молекулярно-кінетичні процеси, які відбуваються у водних розчинах біологічних об'єктів, необхідно проводити комплексне вивчення їх будови та кінетики процесів, які протікають у них при тепловому русі, різними фізико-хімічними методами. Найбільш широкого використання набули методи КР світла, розсіяння теплових нейтронів, ІК, ЯМР, діелектричної та акустичної спектроскопії. Зазначені методи мають унікальні можливості і значною мірою взаємодоповнюють один одного.

Серед цих методів акустична спектроскопія займає особливе місце, оскільки дає можливість досліджувати динаміку молекулярних процесів у рідких розчинах в області частот нижче 10^{10} Гц. Акустичний метод дозволяє досліджувати область гранично малих змін стану, тобто відкриває перспективу побудови частотної шкали молекулярних процесів, характерних рідкому стану речовини. Використання акустичної спектроскопії при дослідженні водних розчинів відрізняється від інших методів тим, що дає можливість визначати кінетичні та термодинамічні параметри швидких та надшвидких процесів, таких як утворення іон-молекулярних, над- і супрамолекулярних структур між іонами та молекулами розчинника.

Об'єктом дослідження стали водні розчини арабінози. Арабіноза ($C_5H_{10}O_5$) – моносахарид з групи пентоз. Існує в двох стереоізомерних формах: D-(–)-арабіноза, яка широко розповсюджена у плодах рослин, і L-(+)-арабіноза, яка входить до складу багатьох полісахаридів рослинного походження, глікозидів, камедей і слизів. L-(+)-арабіноза є важливим опероном в молекулярній біології та біоінженерії, входить до складу біополімерів.

Були проведені експериментальні дослідження густини (ρ), коефіцієнта зсувної в'язкості (η_s), швидкості поширення ультразвуку (c_0) і коефіцієнта поглинання звука ($\alpha \cdot f^{-2}$) водних розчинів L-(+)- і D-(–)-арабінози з концентраціями 10 і 36 % мас. у інтервалі температур 293-353 К. Для виготовлення розчинів використовували бідистилят і об'єкти фірми CMS Chemicals LTD. Густина вимірювали пікнометричним методом з похибкою 0,05-0,1 %, в'язкість – капілярним віскозиметром з похибкою ~2 %, швидкість звуку вимірювали імпульсно-фазовим методом з похибкою ~0,5 % на частоті 15 МГц, амплітудний коефіцієнт поглинання вимірювали імпульсним методом змінної відстані з похибкою 3-5 %.

Вимірювання показали, що при сталій температурі амплітудний коефіцієнт поглинання пропорційний квадрату частоти. Для усіх досліджених нами розчинів поглинання звуку зменшується з підвищенням температури, як і у воді, залишаючись дещо більшим за величину поглинання у воді.

Аналіз одержаних даних показав, що густина і коефіцієнт зсувної в'язкості зменшуються при підвищенні температури і зростають при підвищенні концентрації арабінози у розчині. Швидкість поширення звуку зростає із збільшенням концентрації арабінози у розчині, а при зростанні температури, як і у воді, проходить через максимум, який зміщується у бік низьких температур зі збільшенням концентрації. Така температурна залежність швидкості звуку характерна для багатьох водних розчинів електролітів і обумовлена зміною структури розчинів під впливом іонів розчиненої речовини. Зазначені вище закономірності спостерігаються для розчинів як L-, так і D- арабінози.

Використовуючи одержані нами дані про густину, зсувну в'язкість, швидкість звуку та поглинання, ми провели розрахунки значень адіабатичної стисливості (β_s), коефіцієнта поглинання, обумовленого зсувною в'язкістю ($\alpha_{кл} \cdot f^{-2}$), та відношення об'ємної в'язкості до зсувної ($\eta_v \eta_s^{-1}$), яке виявляється систематично більшим за одиницю. Це свідчить про наявність щонайменше одного релаксаційного процесу на частотах, які значно перевищують частоти наших вимірювань. Розрахований нами час акустичної релаксації τ_{ps} збільшується з ростом концентрації і зменшується з підвищенням температури, що може вказувати на структурні перебудови у досліджуваному розчині.

Згідно використаної нами моделі атоми і молекули усіх речовин (можливо за винятком рідкого гелію) при зіткненнях утворюють динамічно слабкі та сильні зв'язки "хімічного" типу. Це означає, що взаємодія між будь-якими сусідніми атомами чи молекулами супроводжується перерозподілом електронної густини з утворенням тимчасових впорядкованих структур (комплексів, асоціатів, сольватів), конфігурація яких залежить не лише від відстані між їх центрами, але й від напрямку у просторі. Тому будь-який макроскопічний об'єм водного розчину арабінози за проміжок часу, порядку часу структурної релаксації τ_{ps} , можна уявити як тримірну колективну систему (квазімолекулу), окремі фрагменти якої (комплекси, асоціати, сольвати) з'єднані між собою слабкими водневими зв'язками та можливо деякими іншими.

Проведені дослідження показали, що у досліджуваному інтервалі частот, температур і концентрацій акустична релаксація у системі вода-арабіноза не спостерігається. Аналізуючи одержані експериментальні дані, ми прийшли до висновку, що основну роль у процесах, які протікають у вивчених розчинах, відіграють зміни, що відбуваються у розчиннику. Зміна концентрації арабінози у сировотці крові хворих не повинна призводити до значних змін коефіцієнта поглинання ультразвуку, який є чутливим показником при діагностиці рівня інтоксикації різного генезу в онкологічних хворих.