
ОСОБЛИВОСТІ НИЗЬКОЧАСТОТНОГО КОМБІНАЦІЙНОГО РОЗСІЯННЯ СВІТЛА НА СУПРАМОЛЕКУЛЯРНИХ НЕОДНОРІДНОСТЯХ РІДИН З ВОДНЕВИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ

Л.А. БУЛАВІН, М.М. БІЛИЙ, А.О. МАКСИМОВ, А.В. ЯКУНОВ

УДК 535.375.55
© 2010

Київський національний університет ім. Тараса Шевченка
(Проп. Академіка Глушкова, 2, корп. 1, Київ 03680)

Методом комбінаційного розсіяння світла за кімнатної температури виміряно ефективну густину коливальних станів рідин з водневими зв'язками. Наявність лінійної в подвійному логарифмічному масштабі ділянки низькочастотного спектра підтверджує застосовність перколяційної моделі та концепції фракталів. Залежність нахилу лінійної ділянки від концентрації для різних розчинів добре узгоджується з поведінкою інших фізико-хімічних параметрів, які залежать від структури сітки водневих зв'язків.

1. Вступ

Останніми роками при моделюванні структури аморфних речовин, таких як аерогелі, полімери, скло тощо, успішно використовують концепцію фракталів [1]. Зокрема, врахування масштабної інваріантності структурних неоднорідностей дозволяє пояснити особливості низькочастотної ділянки коливальних спектрів вказаних речовин [2–4].

На сьогодні експериментально доведено існування структурних неоднорідностей (супрамолекулярних утворень) в рідинах та рідинних системах, молекули яких здатні утворювати водневі зв'язки [5–7]. З'ясувалось, що у воді, а також у деяких водних та неводних розчинах області неоднорідності сітки, сформованої водневими зв'язками, мають значний розкид за розмірами — від десятків до сотень нанометрів. Існування ознак масштабної самоподібності в межах щонайменше двох порядків, а також формальна схожість низькочастотних коливальних спектрів аморфних середовищ та рідин з водневими зв'язками [8]

дає підстави розглядати останні як середовища з фрактальною структурою.

У даній роботі, з позицій фрактальності супрамолекулярної структури, розглянуто особливості низькочастотних спектрів комбінаційного розсіяння світла (КРС) рідин з водневими зв'язками та їх бінарних розчинів. Незважаючи на те, що вивченню таких систем приділяється чимало уваги, особливості їх структурної динаміки, а також природа їх численних аномалій [9, 10] досі лишаються нез'ясованими.

2. Перколяційна модель рідини з водневими зв'язками

У рідинах та рідинних системах з водневими зв'язками формується комплексна просторова та енергетична структура типу псевдополімерної сітки, яка суттєво впливає на макроскопічні параметри рідини: температури плавлення та кипіння, теплоємність, в'язкість, діелектричну проникність тощо.

У кожний момент часу рідкий стан речовини подібний до аморфного — зі щільним пакуванням молекул та їх невпорядкованим розташуванням. Миттєва структура сітки змінюється упродовж декількох пікосекунд внаслідок теплового руху молекул. Тому рідина чи рідинна система може бути наближено представлена як аморфне середовище зі змінною структурою.

Розуміння геометричних і топологічних особливостей сітки водневих зв'язків та обґрунтованість застосування до неї фрактальних уявлень дає математична теорія протікання (перколяції). Її застосування

до структури води [11, 12] сприяла, зокрема, поясненню її термодинамічних особливостей в об'ємній фазі. Поширення перколяційної моделі на інші рідини можливе за умови наявності певної, більшої за критичну, кількості водневих зв'язків на одну молекулу [13].

У впорядкованій фазі (наприклад, у кристалічного льоду) всі потенційні зв'язки водневої сітки задіяні. В аморфній та рідкій фазах частину водневих зв'язків розірвано, і сітка нагадує "зібгане лахміття" [1], при цьому ступінь її пошкодження залежить від температури. Кількість зв'язків, за якої остов водневої сітки ще існує, відповідає так званій границі перколяції.

За цих умов структуру рідини можна уявити як нескінченний перколяційний кластер (рис. 1), в порожнинах якого містяться кластери менших розмірів, малі групи зв'язаних молекул та окремі молекули. Розподіл кластерів за розмірами залежить від загальної кількості задіяних зв'язків. Середній розмір кластерів визначає розмір структурної неоднорідності, його називають довжиною кореляції ξ .

Масштабування маси нескінченного кластера в діапазоні розмірів, які є більшими за довжину кореляції, описується степеневим законом з показником степеня, що відповідає розмірності евклідового простору. У випадку менших за розмірами областей позначається вплив ажурної просторової геометрії, характерної для фракталів. Ефективну розмірність простору сітки водневих зв'язків, розраховану за допомогою алгоритмів Хаусдорфа і Колмогорова [1] і яка може бути нецілою, називають фрактальною розмірністю. Таким чином, структура неупорядкованого середовища в масштабах, сумірних з довжиною кореляції та менших за неї, описується в термінах фрактальної геометрії. Поширення коливальних збуджень в такому середовищі має свою специфіку.

3. Низькочастотне непружне розсіяння світла у неупорядкованому середовищі

В ідеальних кристалах, відповідно до закону збереження квазіімпульсу, розсіяння світла на коливальних збудженнях акустичного типу не спостерігається. Розглянемо ідеальну кристалічну ґратку. Акустична хвиля пружної деформації дає внесок в локальну флуктуацію поляризованості, причому цей внесок пропорційний градієнту пружної деформації. Трансляційна симетрія кристала зумовлює періодичний просторовий розподіл поляризованості, яка індуквана коливальними збудженнями. Це приводить до того, що внески в поляризованість трансляційно симетричних

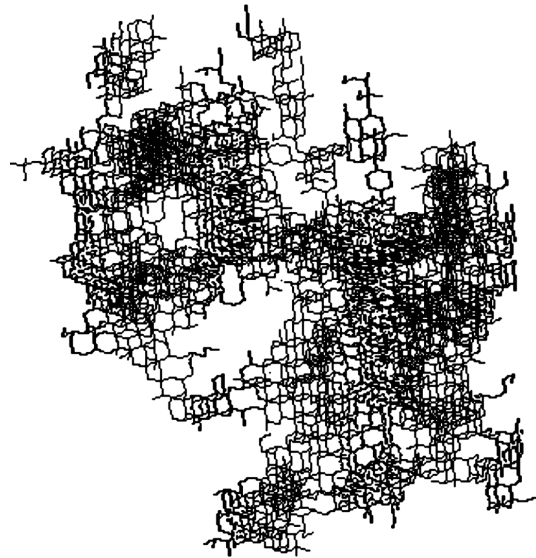


Рис. 1. Близький до границі перколяції кластер, побудований на тривимірній тетраедричній ґратці, який є остовом псевдополімерної сітки водневих зв'язків у рідкій воді [14]

ділянок кристала взаємно компенсуються і сумарна інтенсивність розсіяного світла стає рівною нулю.

У випадку неупорядкованого середовища внаслідок відсутності трансляційної симетрії внески в розсіяння від різних ділянок середовища некомпенсовані. Розсіяння на коливальних збудженнях акустичного типу приводить до появи відповідної компоненти в низькочастотній області коливального спектра.

Інтенсивність комбінаційного розсіяння, що спостерігається в даному випадку для стоксової компоненти спектра, може бути записана у вигляді, запропонованому Гамонем та Шукером [15]:

$$I(\omega) = \frac{C(\omega)g(\omega)[n(\omega) + 1]}{\omega}, \quad (1)$$

де $C(\omega)$ – функція зв'язку світла з коливальними модами; $g(\omega)$ – густина коливальних станів; $n(\omega)$ – фактор Бозе–Ейнштейна.

У неупорядкованому середовищі, за аналогією з елементарною коміркою кристала, може бути використана перша координаційна сфера, яка дозволяє оцінити спектральний діапазон теплових коливальних збуджень та відносну межу між збудженнями акустичного та оптичного типів. Локалізовані коливальні збудження колективно взаємодіють з фотонами, тому таке середовище має розглядатися як єдине ціле. Особливо це важливо для рідин, бо на відміну від аморфного середовища із незмінною молекулярною структурою, у рідинах частота флуктуацій сітки,

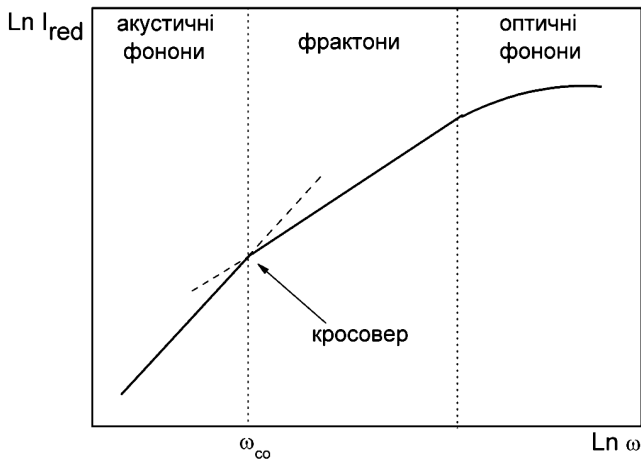


Рис. 2. Низькочастотна ділянка спектра КРС фрактального середовища

яка визначається часом існування водневого зв'язку, має той самий порядок, що і частота осциляцій коливальних збуджень, які досліджуються.

Відповідно до наближення Дебая, кількість коливальних станів у діапазоні $d\omega$ пропорційна об'єму відповідної області оберненого простору $k^2 dk$. Розширення цього виразу на простір з довільною розмірністю дає вираз

$$g(\omega)d\omega \propto k^{d_F-1} dk, \quad (2)$$

де d_F – хаусдорфова (фрактальна) розмірність простору. Неоднорідність середовища визначає нерегулярний (дифузний) характер поширення коливальних збуджень. Параметр масштабування в часі при поширенні збудження у фрактальному середовищі називається показником аномальної дифузії d_W . Відповідне дисперсійне співвідношення має вигляд [2]:

$$k(\omega) \propto \omega^{2/d_W}. \quad (3)$$

Підстановка (3) у (2) дозволяє отримати загальний вигляд функції густини коливальних станів для коливальних збуджень на фракталах:

$$g(\omega) \propto \omega^{\bar{d}-1}, \quad (4)$$

де $\bar{d} = 2d_F/d_W$ – спектральна (фрактонна) розмірність, при цьому відповідні коливальні збудження називають фрактонами. Таким чином, фрактонна розмірність відображає фрактальні властивості середовища щодо поширення в ньому хвиль.

Колівальні збудження з довжинами хвиль, більшими за певну довжину кореляції, не відчувають

фрактальності середовища, а, отже, мають лінійну дисперсію. Критична довжина хвилі відповідає так званій частоті кросовера (*crossover* – перетин, англ.). Колівальні збудження з меншою частотою є акустичними фононами, а з більшою – фрактонами (рис. 2). Частота кросовера проявляється у вигляді спектральної особливості як у спектрі КРС, так і у відповідній області спектра поглинання. Зокрема, Маджоліно зі співавторами [16] показали, що для води за кімнатної температури $\omega_{co}/2\pi c \sim 1 \text{ см}^{-1}$, що з урахуванням закону дисперсії для фононів, відповідає $\xi \approx 10 \text{ нм}$. В околі тієї ж частоти у спектрі діелектричних втрат води спостерігається локальний максимум [17].

Розглянемо внесок функції коливально-оптичного зв'язку $C(\omega)$ у низькочастотні спектри КРС.

Відомо, що непружне розсіяння світла зумовлене поляризаційною неупорядкованістю середовища. Правила відбору за імпульсом, які виконуються в кристалах, порушуються для м'якої матерії завдяки просторовій нерегулярності поляризованості, що породжує неперервний спектр в області низьких частот. Таким чином, можна говорити про існування залежності функції коливально-оптичного зв'язку від ступеня неупорядкованості середовища, а отже – від фрактальних характеристик сітки водневих зв'язків. Функція $C(\omega)$ є усередненням функції відгуку діелектричної модуляції за коливальними модами з частотами в околі ω [15]:

$$C(\omega) = \frac{\sum_p C_p(\omega)\delta(\omega - \omega_p)}{\sum_p \delta(\omega - \omega_p)}, \quad (5)$$

де $C(p)$ – відгук p -ї моди, який спрощено можна подати як

$$C_p = A_p l_p^D, \quad (6)$$

де l_p – довжина кореляції p -ї моди, яка значно менша для рідких і аморфних середовищ порівняно з кристалами; D – ефективна розмірність простору, яка в загальному випадку збігається з хаусдорфовою.

Оскільки степеневий закон масштабування справедливий як для довжини хвилі, так і для довжини кореляції, то з урахуванням закону дисперсії (3) маємо для $C(\omega)$ степеневу залежність від частоти, що дозволяє записати функцію ефективної густини коливальних станів у вигляді

$$g_{ef}(\omega) = g(\omega)C(\omega) \propto \omega^\alpha. \quad (7)$$

Показник степеня при ω , який дорівнює кутовому коефіцієнту прямолінійної фрактонної ділянки спе-

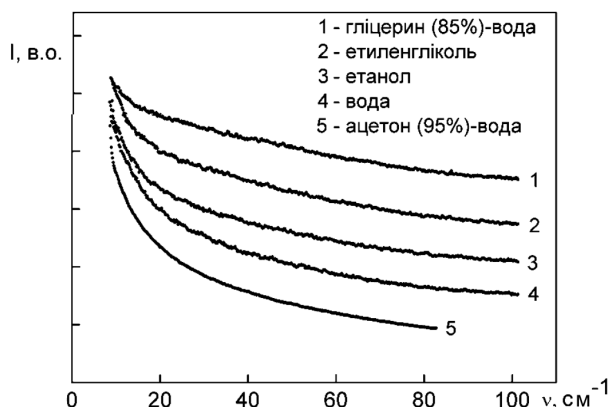


Рис. 3. Низькочастотні ділянки спектрів КРС рідин з водневими зв'язками

ктра в подвійному логарифмічному масштабі, є чутливим до відносної орієнтації молекул і характеризує поширення теплових коливальних збуджень в неупорядкованому середовищі. У загальному випадку показник α визначається фрактальною розмірністю миттєвої реалізації сітки водневих зв'язків і тому може бути означений як інтегральний параметр супрамолекулярної структури.

4. Методика експерименту

Досліджували низькочастотні (10–100) см^{-1} ділянки спектрів КРС таких рідин: ацетону, води, етанолу, етиленгліколю, гліцерину, а також деяких бінарних розчинів. Усі розчини, крім гліцеринових, виготовляли із хімічно чистих речовин, похибка виготовлення певної об'ємної концентрації складала 1%. Зразки з гліцерином готували на основі стандартного фармацевтичного 85%-ного водно-гліцеринового розчину.

Дослідження проводили на автоматизованому спектрометрі ДФС-24 з шириною щілини 0,1 мм. За джерело збудження спектрів КРС слугувало випромінювання аргонного лазера з довжиною хвилі 514 нм. Вихідна потужність лазера складала 100 мВт. Лазерний промінь проходив вертикально вздовж осі стандартної скляної ампули з рідиною, об'єм якої дорівнював 5 мл. Область збудження проектували на вхідну щілину монохроматора. Виміри проводили за кімнатної температури.

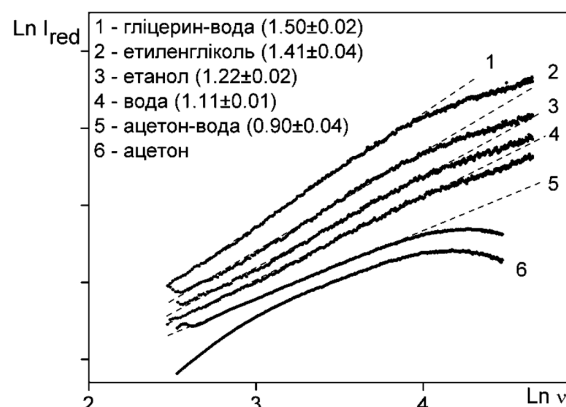


Рис. 4. Спектри зведеної інтенсивності КРС у подвійній логарифмічній шкалі. У дужках наведено відповідні значення структурного параметра, усереднені по кількох вимірюваннях

5. Аналіз результатів

На рис. 3 показано ділянки спектрів КРС рідин (дисцильованої води, етанолу, етиленгліколю) та рідинних систем (ацетон-вода, гліцерин-вода), записані у частотному діапазоні (10–100) см^{-1} . На рис. 4 у подвійній логарифмічній шкалі показано спектри зведеної інтенсивності тих же зразків. Видно, що ділянка (10–50) см^{-1} в логарифмічному масштабі є лінійною, а отже, описується степеневозалежністю. Показник степеня, який дорівнює тангенсу кута нахилу прямої, відповідає введеному вище параметру α . Слід відзначити, що у досліджуваному діапазоні частот ацетон не мав прямолінійної ділянки спектра. Отримане значення структурного параметра для води $\alpha = (1,11 \pm 0,01)$ збігається з результатами вимірювань Маджоліно та ін. [16] і близьке до значень, які раніше були експериментально визначені для аморфних середовищ з тетраедричною структурою зв'язків, зокрема аерогелів [3].

Абсолютне значення параметра α не є наочною характеристикою структури сітки водневих зв'язків. За відсутності універсального алгоритму розрахунку функції $C(\omega)$ задача знаходження відповідності між структурним параметром та фрактальною розмірністю неупорядкованого середовища в загальному випадку є досить складною. Для встановлення кількісних співвідношень слід брати до уваги інші параметри середовища, які можна отримати або з інших експериментів (наприклад, розсіяння нейтронів), або шляхом комп'ютерного моделювання. В цитованій вище роботі [16] залучення даних з інших джерел

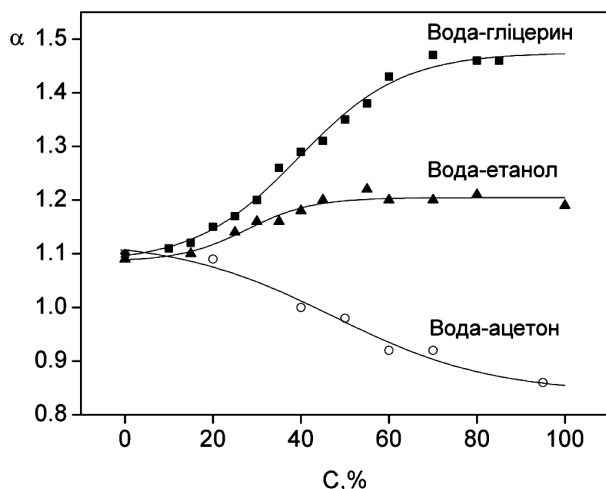


Рис. 5. Концентраційні залежності структурного коефіцієнта для водних розчинів гліцерину, етанолу та ацетону

допомогло знайти цілком задовільне узгодження α та d_F для води в об'ємній фазі.

Нові можливості надає порівняння структурного параметра для різних рідин та рідинних систем. Дослідження розчинів рідин із різною молекулярною організацією, проте з однаковим типом зв'язку дає змогу виключати з розгляду невідомі параметри.

Дослідження розчинів показали, що існує щонайменше два сценарії поведінки структурного параметра залежно від концентрації бінарного молекулярного розчину. Водні розчини гліцерину, етанолу та ацетону так чи інакше виявляють сигмоподібну залежність (рис. 5), тобто мають ділянки насичення та точку перегину. Водночас аналогічні залежності для розчинів вода-етиленгліколь та етанол-гліцерин (рис. 6) не мають особливостей.

Слід відзначити, що в роботі Маджоліно та ін. [16], де концентраційна залежність розчину вода-етанол не досліджувалась, зроблено висновок лише про вплив етанолу на положення частоти кросовера, але не на значення структурного параметра. Отже, прояв структурних особливостей бінарних розчинів у низькочастотних спектрах КРС ми спостерігали вперше.

Загальна картина формування перехідної (фрактонної) ділянки спектра КРС бінарних розчинів рідин з водневими зв'язками, на нашу думку, може бути такою.

Флуктуації поляризованості складаються з внесків від кожної молекули. Разом з тим, поляризованість окремої молекули є сумою поляризованостей її водневих зв'язків [18]. Очевидно, що внесок, який дає моле-

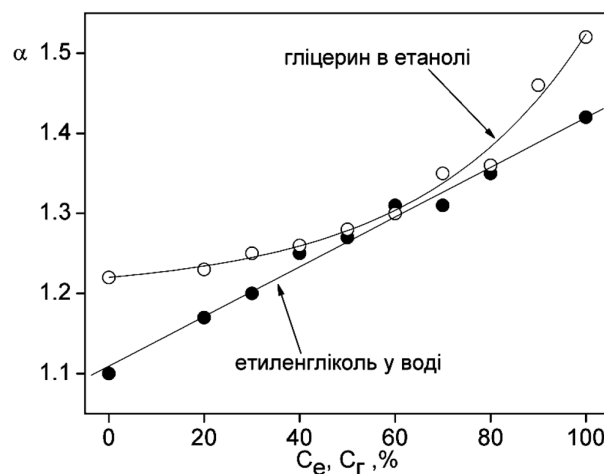


Рис. 6. Концентраційні залежності структурного коефіцієнта для розчинів етанол-гліцерин, вода-етиленгліколь

кула в сумарну поляризованість, залежатиме від її симетрії. Це твердження може бути поширене на рівень сітки водневих зв'язків. У випадку, якщо симетрія розташування зв'язків у молекулі не відповідає симетрії компактної упаковки, сітка водневих зв'язків принципово не може бути побудованою без розривів, навіть за відсутності теплових збурень. У випадку, коли сітка водневих зв'язків побудована з молекул різних сортів, результуюче їх пакування буде залежати не лише від симетрії складових молекул, але також від їх кількісного співвідношення. Так, у найбільш загальному вигляді фрактальну розмірність сітки водневих зв'язків можна виразити через концентрацію бінарного розчину як функцію питомої кількості водневих зв'язків та типу пакування:

$$d_F = f[N_1, N_2, S_{12}(C)], \quad (8)$$

де N_1 та N_2 – кількість потенційних водневих зв'язків молекул першого та другого сортів відповідно; $S_{12}(C)$ – параметр пакування для заданої об'ємної концентрації молекул першого та другого сортів, який відображає результат перемішування молекул різної симетрії. Для того, щоб проаналізувати отримані концентраційні залежності, покладемо для всіх рідин, що функція $C(\omega)$ лінійно змінюється із концентрацією [19]. Таке припущення дозволяє якісно оцінити структурні особливості рідин та їх розчинів. Для гліцерину та етанолу середня кількість водневих зв'язків у розрахунку на одну молекулу менша, ніж для води, і близька до 2. Незважаючи на те, що гліцерин може утворити шість потенційних водневих зв'язків, його складна молекулярна структура заважає цьому [5].

Як бачимо, зміна фрактальної розмірності з концентрацією відображається більш складною залежністю, ніж лінійна. Зокрема, у випадку розчину вода-гліцерин можна виділити три ділянки, що відповідають різним структурним фазам: “збіднений”, проміжній та “збагачений”, що є характерним для міцелярних систем [5]. Тобто структура водно-гліцеринового розчину при малих та великих концентраціях однієї зі складових реалізується у формі співіснування матриці-розчинника та нанорозмірних асоціатів іншої рідини, що підтверджується даними високочастотної діелектрометрії [20]. Коливальні збудження, які поширюються у перколяційному кластері розчинника, домінують при формуванні енергетичного спектра, порівняно зі збудженнями, які локалізовані в асоціатах. У перехідній фазі відбувається своєрідна конкуренція водневих сіток води та гліцерину.

Слід відзначити, що концентрація, яка відповідає найбільш радикальній перебудові сітки водневих зв'язків (в концентраційній залежності – це точка перегину), збігається з аномалією густини водно-гліцеринового розчину. Саме в околі 40%-ної концентрації водно-гліцеринова суміш має більшу густину, ніж сума парціальних густин води та гліцерину [21]. Цей збіг означає, що причиною збільшення густини є саме перебудова сітки водневих зв'язків, пов'язана зі зміною в пакуванні молекул при цій концентрації. Такі міркування цілком узгоджуються з результатами експериментів із вивчення супрамолекулярної структури рідин іншими методами [6, 7, 20]. Аналогічні міркування можна застосувати для розчину вода-етанол, де також слід очікувати аномалії густини (можливо, менш вираженої).

Для молекул етиленгліколю, так само, як і для води, кількість водневих зв'язків, що утворюються в розрахунку на одну молекулу, не перевищує чотирьох. Тому, при зміні концентрації розчину, у перколяційний кластер, побудований з молекул одного сорту, поступово вбудовуються молекули іншого сорту. Фрактальна розмірність кластера змінюється відповідно до симетрії як молекул-замінників, так і просторового розташування їх водневих зв'язків. Відповідно конкуренція структур відсутня, що позначається на монотонному характері залежності структурного параметра від концентрації. Розчин етанолу з гліцерином фактично є трикомпонентним (через вміст води в гліцерині), тому відповідна концентраційна залежність відрізняється від попередніх, відображаючи домінування структури водневої сітки гліцерину.

На відміну від інших досліджуваних рідин чистий ацетон не має водневих зв'язків, здатних утворити перколяційний кластер. Формально це проявляється у відсутності прямолінійної ділянки спектра в логарифмічній шкалі. Додавання малої (5%) об'ємної доли води сприяє формуванню сітки водневих зв'язків типу $S-H \cdots O$. У такому розчині виникають ознаки супрамолекулярної структури з фрактальними властивостями – в низькочастотному спектрі КРС з'являється прямолінійна “фрактонна” ділянка.

Для досліджених розчинів видно, що низькочастотна ділянка спектра комбінаційного розсіяння чутлива до концентрації відповідних речовин. На нашу думку, це може слугувати фізичною засадою нового, досить точного методу визначення концентрації розчину. При цьому досліджуваний зразок можна вимірювати в запайній ампулі. За спектром характеристичних коливань легко визначити сполуки, а за низькочастотною ділянкою – їх концентрацію.

6. Висновки

У даній роботі методом комбінаційного розсіяння світла виміряно ефективну густину коливальних станів рідин з водневими зв'язками та їх бінарних розчинів за кімнатної температури.

Існування в низькочастотній області спектра перехідної (фрактонної) ділянки вказує на коректність застосування перколяційної моделі та концепції фракталів для опису структури рідин та рідинних систем. Кутівий коефіцієнт фрактонної ділянки в подвійному логарифмічному масштабі характеризує поширення теплових коливальних збуджень у неупорядкованому середовищі і може слугувати інтегральним параметром супрамолекулярної структури.

Результати досліджень бінарних молекулярних розчинів виявили два сценарії поведінки структурного параметра залежно від концентрації, які відповідають різним типам рідинних систем. Для водних розчинів гліцерину та етанолу (і деякою мірою для ацетону) характерною є конкуренція структур сіток водневих зв'язків. Критичні значення концентрації підтверджують (у випадку гліцерину) або прогнозують (для етанолу) існування аномалій інших фізико-хімічних параметрів у відповідних концентраційних залежностях.

Отримані дані узгоджуються з результатами досліджень супрамолекулярної структури рідин з водневими зв'язками, проведених з використанням інших методик (квазіпружне розсіяння світла, розсіяння нейтронів, високочастотна діелектрометрія, ЯМР).

1. B. Mandelbrot, *The Fractal Geometry of Nature* (W.H. Freeman, New York, 1983).
2. S. Alexander and R. Orbach, *J. Phys. Lett. (Paris) Lett.* **43**, L625 (1982).
3. S. Alexander, *Phys. Rev. B* **40**, 11 (1989).
4. А. Олемский, А. Флат, *УФН* **163**, 12 (1993).
5. І. Адаменко, Л. Булавін, *Фізика рідин та рідинних систем* (АСМІ, Київ, 2006).
6. E. Tiezzi, *Annali di chimica* **93**, 4 (2003).
7. M. Sedlak, *J. Phys. Chem. B* **110**, 9 (2006).
8. J. Rousset, E. Duval, and A. Boukenter, *J. Chem. Phys.* **92**, 4 (1990).
9. L. Bulavin, A. Fisenko, and N. Malomuzh, *Chem. Phys. Lett.* **453**, 183 (2008).
10. L. Bulavin, T. Lokotosh, and N. Malomuzh, *J. Mol. Liquids* **137**, 1 (2008).
11. A. Geiger, F. Stillinger, and A. Rahman, *J. Chem. Phys.* **70**, 9 (1979).
12. H.E. Stanley and J. Teixeira, *J. Chem. Phys.* **73**, 7 (1980).
13. T. DeSimone, S. Demoulini, and R.M. Stratt, *J. Chem. Phys.* **85**, 1 (1986).
14. A. Maksimov and A. Yakunov, *Proceedings of the 8th International Young Scientists Conference "Optics and High Technology Material Science"* (Taras Shevchenko National University, Kyiv, 2007), p. 29.
15. R. Shuker and R.W. Gammon, *Phys. Rev. Lett.* **25**, 4 (1970).
16. D. Majolino, F. Mallamace, P. Migliardo *et al.*, *Phys. Rev. E* **47**, 4 (1993).
17. *Handbook of optical constants of solids*, edited by E.D. Palik (Springer, Berlin, 1998).
18. R. Alben, D. Weaire, J. Smith *et al.*, *Phys. Rev. B* **11**, 6 (1975).
19. P. Benassi, W. Frizzera, M. Montagna *et al.*, *Physica A* **216**, 1 (1995).
20. A. Puzenko, Y. Hayashi and Yu. Feldman, *J. Non-Cryst. Solids* **353**, 4518 (2007).
21. I. Adamenko, L. Bulavin, V. Ilyin *et al.*, *J. Mol. Liquids* **127**, 90 (2006).

Одержано 04.02.10

ОСОБЕННОСТИ НИЗКОЧАСТОТНОГО
КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ СВЕТА
НА СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫХ НЕОДНОРОДНОСТЯХ
ЖИДКОСТЕЙ С ВОДОРОДНЫМИ СВЯЗЯМИ

Л.А. Булавин, Н.М. Бельй, А.А. Максимов, А.В. Якунов

Резюме

Методом комбинационного рассеяния света при комнатной температуре измерена эффективная плотность колебательных состояний жидкостей с водородными связями. Существование линейного в двойном логарифмическом масштабе участка низкочастотного спектра подтверждает применимость перколяционной модели и концепции фракталов. Зависимость наклона линейного участка от концентрации для различных растворов хорошо согласуется с поведением других физико-химических параметров, зависящих от структуры сетки водородных связей.

PECULIARITIES OF THE LOW-FREQUENCY
RAMAN SCATTERING BY SUPRAMOLECULAR
INHOMOGENEITIES OF HYDROGEN-BONDED LIQUIDS

L.A. Bulavin, M.M. Bilyi, A.O. Maksymov, A.V. Yakunov

Taras Shevchenko National University of Kyiv
(2, Academician Glushkov Ave., Kyiv 03680, Ukraine)

Summary

The effective vibrational state density of hydrogen-bonded liquids is measured by the Raman scattering technique at room temperature. The existence of the linear region in the low-frequency spectrum in the log-log scale testifies to the applicability of the percolation model and the fractal conception. The concentration dependences of the linear region's slope for different solutions are in good agreement with the behavior of other physicochemical parameters that depend on the hydrogen-bond network structure.