

**РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ФІЗИКА  
КОНДЕНСОВАНИХ  
ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ  
СИСТЕМ**

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного  
університету

**Випуск 14**

РІВНЕ – 2010

# ФІЗИКА КОНДЕНСОВАНИХ ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ СИСТЕМ

---

---

## Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету

Випуск 14. – Рівне: РДГУ, 2010. – 68 с.

Збірник містить публікації, в яких розглядаються питання теоретичних і експериментальних досліджень, моделювання фізичних процесів, що характерні для конденсованого стану речовини. Опубліковані матеріали можуть бути використані науковцями, аспірантами, інженерними працівниками, які ведуть дослідження в цих наукових напрямках. Цілий ряд публікацій можна використати для навчально-виховного процесу в університетах та інститутах.

### Головний редактор:

д.х.н., професор, академік МАПСН та АВО України **Б.С. Колупаєв**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

### Заступник головного редактора:

к.ф.-м.н., професор **М.А. Бордюк**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

### Члени редколегії:

д.т.н., професор **А.Я. Бомба**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.х.н., професор **О.М. Волошин**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.ф.-м.н., професор **Б.П. Дем'янюк**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор **Ю.Ф. Забашта**  
(Київський національний університет ім. Тараса Шевченка)

д.ф.-м.н., провідний науковий співробітник **В.В. Кленко**  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

д.ф.-м.н., професор **Ю.А. Куницький**  
(Технічний центр НАН України, м. Київ)

д.х.н., професор, академік НАН України **Є.В. Лебедєв**  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

д.ф.-м.н., провідний науковий співробітник **Є.П. Мамуля**  
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)

к.ф.-м.н., професор **В.А. Сідлецький**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.ф.-м.н., доцент **В.А. Мащенко**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

к.х.н., доцент **Б.І. Муха**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор **В.Я. Прохоренко**  
(Національний університет “Львівська політехніка”)

д.ф.-м.н., професор **О.П. Руденко**  
(Полтавський державний педагогічний університет)

д.ф.-м.н., професор, член-кореспондент НАН України **В.І. Слісценко**  
(Інститут ядерних досліджень НАН України, м. Київ)

д.т.н., професор **А.О. Сяський**  
(Рівненський державний гуманітарний університет)

д.ф.-м.н., професор, член-кореспондент АПН України **М.І. Шум**  
(Національний педагогічний університет ім. М.П. Драгоманова, м. Київ)

Друкується за рішенням Вченої Ради Рівненського державного гуманітарного університету  
(протокол № 6 від 29 січня 2010 року)

### Адреса редакції:

33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31  
Рівненський державний гуманітарний університет  
каб. 115  
e-mail: fkvs\_ua@ukr.net  
ISBN 966-7281-03-7

залежність величини модуля все стороннього стиску систем. При цьому максимум величини  $p_i$ , як і межі міцності на стиск, не лише зростає за величиною, але й зміщується в область меншого (2 об. %) вмісту ДБФ. Це вказує на те, що під дією зовнішнього електричного поля відбувається структуроутворення ПВХ систем, мікрорівень якого знаходить також свій прояв в макромеханічних властивостях композиту в області статичних механічних полів.

### Висновок

Проведено поетапний аналіз переходу пластифікованих систем під дією температурного поля із склоподібного у високоеластичний стан. Встановлено числове значення інкременту теплоємності, ширину температурного інтервалу переходу, двостадійність процесу релаксації по зміні  $C_p$ ,  $\rho$ ,  $\Delta H$ ,  $\Delta G$ ,  $\Delta S$  систем. Показано, що зміна внутрішньої енергії композиту зовнішнім електричним полем в  $T-p$  режимі приводить до виникнення теплового тиску, що обумовлює деформацію системи. Розраховано і досліджено вплив теплового тиску фононів, як функцію внутрішньої енергії, що є мірою зростання величини ангармонійних зв'язків між структуроутвореннями системи. На основі аналізу квазірівноважного стану системи розрахована величина максимального значення відносної деформації її структур. З врахуванням зміни величини коефіцієнту перекриття структурних елементів полімерної матриці від її хімічного складу та мікрохарактеристик системи отримано аналітичне співвідношення для розрахунку межі міцності на стиск, як однієї з основних макрохарактеристик

композиту. Це дозволяє прогнозувати комплекс властивостей композиту.

### Література:

1. *Бартенев Г.М., Френкель С.Я.* Физика полимеров. – Л.: Химия, 1990. – 430 с.
2. *Максимцев Ю.Р.* Структурно-статистична модель пластифікованих лінійних полімерів. // Фізика конденсованих високомолекулярних систем. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. – Рівне, 2007. – Вип. 12. – С. 75 – 77.
3. *Колупаев Б.С., Бордюк Н.А., Иванищук С.Н., Гусаковский С.М.* Исследование акустических свойств систем полимеров. // Акустический журнал, 1998. – Т.44, №1. – С. 27-30.
4. Дериватограф системы Ф. Паулик, И. Паулик, Л. Эрдей. Инструкция по эксплуатации. – Будапешт: Венгерский оптический завод. – 256 с.
5. *Frenkel S.* Thermokinetics of formation of polymeric mesomorphous phases in block copolymers and polymer mixtures. // J. Polym. Sci. Polym. Symp.– 1977, № 61.– p. 327–350.
6. *Бордюк Н.А., Волошин О.М., Демьянюк Б.П., Липатов Ю.С., Колупаев Б.С.* Теплофизические свойства модифицированного поливинилхлорида. // Высокомолек. соед. А. – 1990. –Т. 32, №6. – С. 1232–1237.
7. *Слэтер Дж.* Диэлектрики, полупроводники, металлы. – М.: Мир, 1989.– 216 с.
8. *Ван Кревелен Д.В.* Свойства и химическое строение полимеров / Пер. с англ.– М.: Химия, 1976. – 414 с.

УДК 539.199: 541.64

## СТРУКТУРНО-ОБ'ЄМНІ ТА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПВБ-МЕТАЛОНАНОКОМПОЗИТІВ

М.О. Волошин

Рівненський державний гуманітарний університет, UA-33000, м. Рівне, вул.Остафова, 31.

Одержано системи на основі полівинілбутиралу, який наповнено наночастинками міді. Показано, що топологічні та фізико-механічні властивості матеріалу залежать від вмісту нанодисперсних частинок наповнювача та структуроутворень полімерної матриці.

Obtained on the basis of polyvinilbutyral systems filled copper nanoparticles. Shown that the topological and physical-mechanical properties of materials depend on the content filler particles and structure of polymer matrix.

### Вступ

Унікальні хімічні і фізичні властивості композицій, які містять наночастинки, перспективи створення на їхній основі нових матеріалів зумовлюють бурхливе зростання досліджень у цій галузі [1]. Як правило, введення наночастинок у полімери змінює комплекс їхніх фізико-механічних та експлуатаційних властивостей [2]. Одним з перспективних методів одержання нанодисперсних частинок (НДЧ) є метод електричного вибуху

провідників (ЕВП), який дає змогу одержувати НДЧ в широкому діапазоні розмірів – від 1 нм до 100 мкм при швидкостях охолодження від  $10^5$  до  $10^{12}$  К/с [3].

Результати досліджень останніх років стверджують, що особливо інтенсивно структуру полімера можна скеровано змінювати за допомогою нанорозмірних частинок, серед яких одне із провідних місць належить НДЧ металів, зокрема, НДЧ міді [4].

Для полімерних металонаноккомпозитів на основі поліетилену високого тиску (ПЕВТ),

полівінілхлориду (ПВХ) та інших [5, 6] встановлено, що наявність у них НДЧ  $\text{Cu}$  змінює комплекс властивостей матеріалів на їхній основі. Однак, залишається недослідженим комплекс властивостей систем на основі полівінілбутиралу (ПВБ), який наповнений нанодисперсними частинками міді. Відповідно мета роботи полягає у дослідженні впливу НДЧ  $\text{Cu}$  на топологічні та фізико-механічні властивості ПВБ та їхньому аналізі на основі елементів теорії молекулярної акустики [7].

**Об’єкти і методи дослідження**

Досліджували ПВБ марки ПШ (ГОСТ 9481-02) [8] зі ступенем полімеризації  $1,2 \cdot 10^3$ . Нанодисперсні частинки міді одержували безпосередньо у масі дисперсного ПВБ шляхом вибуху мідного провідника за рахунок імпульсу електричного струму значної густини, який пропускали через нього [9]. Вміст нанодисперсних частинок міді у ПВБ-системах змінювали в діапазоні  $(0 \div 0,17)$  об. %.

Монолітні зразки ПВБ-металонанокompatитів (ПВБМНК) з різним об’ємним вмістом ( $\phi$ ) НДЧ міді одержували гарячим пресуванням у  $T$ - $p$  режимі при температурі  $T = 345 \text{ K}$  і тиску  $p = 8 \text{ МПа}$  [10].

З метою визначення середнього розміру  $\langle d \rangle$  НДЧ  $\text{Cu}$  у ПВБМНК використовували метод рентгенофазового аналізу (РФА). Зйомку рентгенівських дифрактограм одержаних зразків ПВБМНК товщиною  $6,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}$  та порошкового еталону  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  з розміром частинок  $(1 \div 4) \cdot 10^{-5} \text{ м}$  здійснювали при ідентичних умовах на дифрактометрі ДРОН-3 у режимі покрокового сканування лічильника квантів з використанням фільтрованого за допомогою нікелевого  $\beta$ -фільтра  $\text{CuK}_\alpha$ -випромінювання з довжиною хвилі  $\lambda = (1,542 \pm 0,002) \text{ \AA}$  при робочій напрузі  $U = 24 \text{ кВ}$  та силі анодного струму  $I_a = 20 \text{ мА}$  в інтервалі кутів  $34^\circ \leq 2\theta \leq 78^\circ$ .

Для дослідження об’ємних та динамічних механічних властивостей одержаних ПВБ-металонанокompatитів використовували метод об’ємної дилатометрії та імпульсний ультразвуковий метод з прохідним сигналом спільно з використанням методу обертаючої пластини на частоті  $0,4 \text{ МГц}$  [10].

**Результати експерименту та його обговорення**

Встановлено, що для всіх досліджуваних зразків на рентгенівських дифрактограмах спостерігаються дифракційні максимуми. Вони, згідно з рентгенографічними порошковими стандартами JCPDS PDF2, відповідають кристалітам  $\text{Cu}$  та вказують на відсутність кристалітів  $\text{CuO}$  та  $\text{Cu}_2\text{O}$  у ПВБМНК.

Середній розмір  $\langle d \rangle$  НДЧ  $\text{Cu}$  визначали за формулою Дебая-Шерера-Селякова [11]:

$$\langle d \rangle = \frac{1,33\lambda}{\beta_d \cos \theta}, \tag{1}$$

де  $\lambda$  – довжина хвилі рентгенівського випромінювання,  $\beta_d$  – розширення дифракційного максимуму,  $\theta$  – брегівський кут. Розширення дифракційного максимуму знаходили як

$$\beta_d = \sqrt{B^2 - b^2}, \tag{2}$$

де  $B$  – півширина дифракційного максимуму досліджуваного зразка,  $b$  – півширина дифракційного максимуму еталона.

Математичну обробку експериментальних результатів здійснювали за допомогою програм X-Ray Scanner 1.1, X-Ray Graphic V 1.28 та ORIGIN 6.0.

Розрахунки згідно (1) та (2) показали, що середній розмір НДЧ міді не залежить від їхнього об’ємного вмісту у ПВБМНК і складає  $(45 \pm 2) \text{ нм}$ .

З експериментально отриманих значень величини густини ( $\rho$ ) металонанокompatитів ПВБ +  $\phi$  НДЧ  $\text{Cu}$ , результати яких представлені на рис. 1, слідує, що вона залежить від об’ємного вмісту нанодисперсного наповнювача ( $\phi$ ). При цьому для всіх одержаних ПВБ-систем спостерігається зростання величини  $\rho$  в усьому діапазоні вмісту наповнювача.

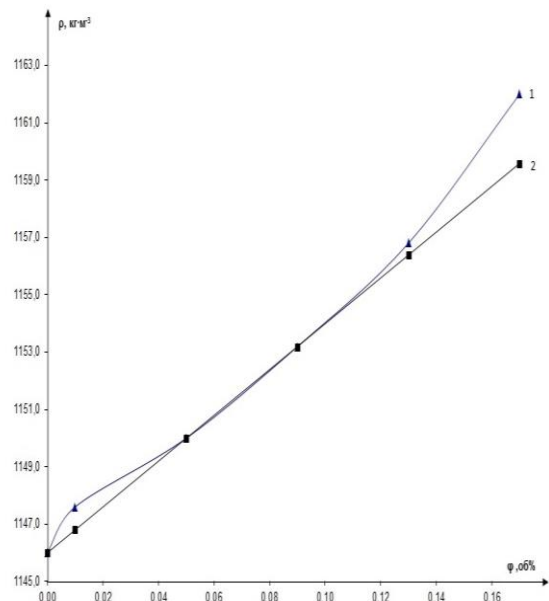


Рис. 1. Концентраційна залежність величини густини металонанокompatитів при  $T = 293 \text{ K}$ :

1 – експеримент; 2 – розрахунок за співвідношенням (4).

Аналіз концентраційної залежності  $\rho$  показує, що величина густини ПВБМНК нелінійно зростає в області концентрацій  $0 < \phi \leq 0,17$  об. % НДЧ  $\text{Cu}$ , маючи локальний максимум при  $\phi = 0,01$  об. % НДЧ  $\text{Cu}$ , та описується функціональною залежністю:

$$\rho(\phi) = 2215,1\phi^3 - 369,29\phi^2 + 91,244\phi + 1146,3. \tag{3}$$

Вище викладене можна пояснити тим, що в залежності від вмісту нанодисперсного наповнювача в металонанокompatиті реалізується різна ступінь активності взаємодії структурних елементів ПВБ з активними центрами нанодисперсного інгредієнта [12].

Порівняння експериментальних значень величини густини ( $\rho$ ) з результатами теоретичних розрахунків, виконаних за правилом адитивності (рис. 1):

$$\rho_a = (1 - \phi_n)\rho_{\text{ПВБ}} + \phi_n\rho_n, \tag{4}$$

де  $\phi_n$  – об’ємний вміст нанодисперсного наповнювача;  $\rho_n$  – його густина, – шляхом визначення їхньої відмінності за формулою

$$\Delta\rho = \rho - \rho_a, \tag{5}$$

дозволило встановити величину ступеня ущільнення ПВБМНК (рис. 2). Характерно, що у діапазонах

концентрацій  $0 \leq \varphi < 0,05$  та  $0,11 < \varphi \leq 0,17$  об.% НДЧ Cu у композиціях спостерігається ущільнення систем, а в діапазоні  $0,05 \leq \varphi \leq 0,11$  об.% НДЧ Cu – ці значення співпадають (рис. 2).

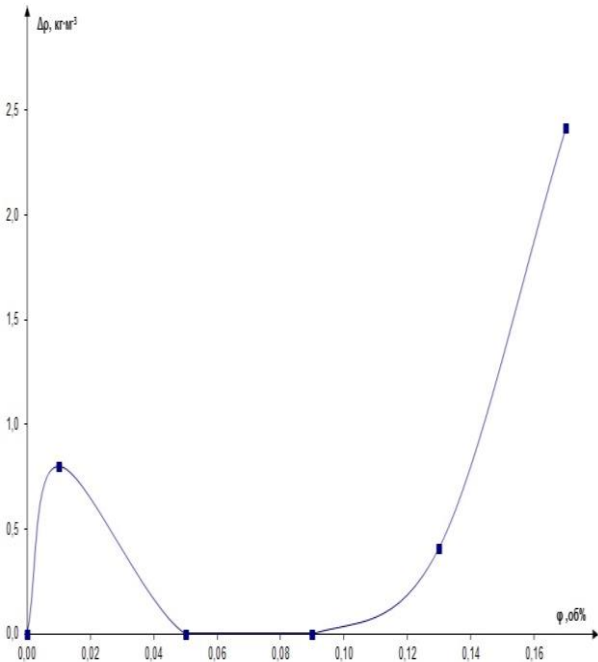


Рис. 2. Концентраційна залежність величини ступеня ущільнення металонаноккомпозитів при  $T = 293$  К.

Зміна об'ємних характеристик ПVB-металонаноккомпозитів знаходить свій прояв і в їх в'язкопружних властивостях.

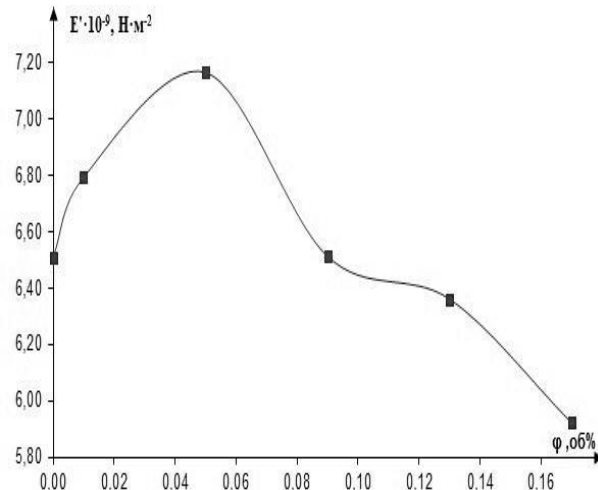


Рис. 3. Концентраційна залежність величини дійсної складової модуля пружності поздовжньої ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах при  $T = 293$  К.

З концентраційних залежностей величин дійсної та уявної складових модулів поздовжньої ( $E'(\varphi)$ ,  $E''(\varphi)$ ) (рис. 3, рис. 4), поперечної ( $\mu'(\varphi)$ ,  $\mu''(\varphi)$ ) (рис. 5, рис. 6), об'ємної ( $k'(\varphi)$ ,  $k''(\varphi)$ ) (рис. 7, рис. 8) деформацій, а також величин швидкостей поширення поздовжньої ( $v_l(\varphi)$ ) (рис. 9) та поперечної ( $v_t(\varphi)$ ) (рис. 10) ультразвукових хвиль, коефіцієнта

Пуассона систем ( $\nu(\varphi)$ ) (рис. 11), тангенса кута механічних втрат ( $tg\delta(\varphi)$ ) (рис. 12), коефіцієнтів поглинання поздовжньої ( $\alpha_l(\varphi)$ ) (рис. 13) та поперечної ( $\alpha_t(\varphi)$ ) (рис. 14) ультразвукових хвиль, значення яких розраховували за формулами згідно [10], слідує що локальний максимум величин  $E'$ ,  $E''$ ,  $\mu'$ ,  $\mu''$ ,  $k'$ ,  $k''$ ,  $v_l$ ,  $v_t$ ,  $\nu$ ,  $tg\delta$ ,  $\alpha_l$  та  $\alpha_t$  притаманний лише для ПVB + 0,05 об.% НДЧ Cu. Це вказує на утворення просторової топології нанодисперсного наповнювача у ПVB-системі за рахунок виникнення поперечних зв'язків між структурними елементами полімерної матриці.

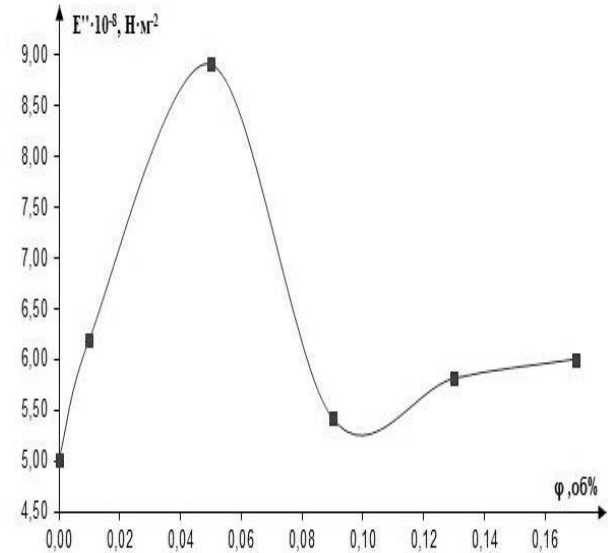


Рис. 4. Концентраційна залежність величини уявної складової модуля пружності поздовжньої ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах при  $T = 293$  К.

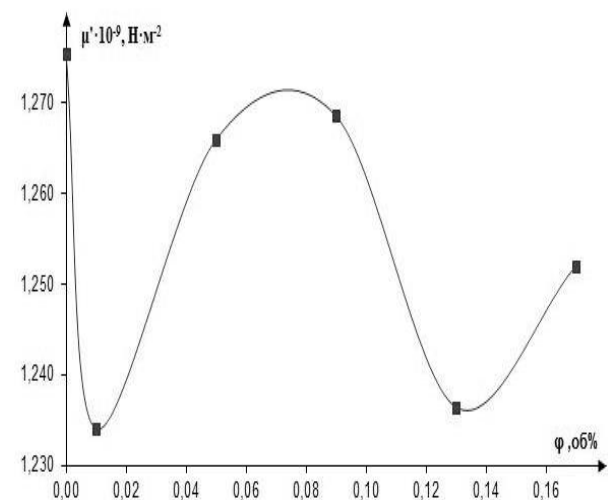


Рис. 5. Концентраційна залежність величини дійсної складової модуля пружності поперечної ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах при  $T = 293$  К.

Синбатно  $E'(\varphi)$  (рис. 3) і  $\mu'(\varphi)$  (рис. 5) змінюються величина швидкості поздовжньої ( $v_l(\varphi)$ ) (рис. 9) і поперечної ( $v_t(\varphi)$ ) (рис. 10) ультразвукових хвиль у наноккомпозитах. Це вказує на зміни характеру структурних елементів, що знаходить свій прояв у відповідних характеристиках (рис. 1, 2) матеріалу.

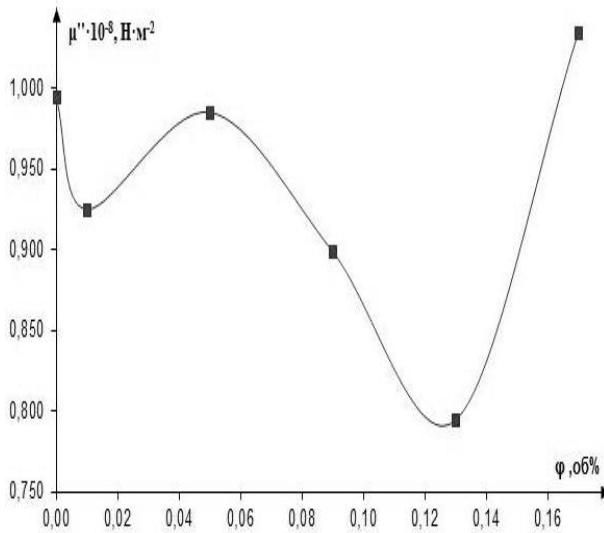


Рис. 6. Концентраційна залежність величини уявної складової модуля пружності поперечної ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах при  $T = 293 \text{ K}$ .

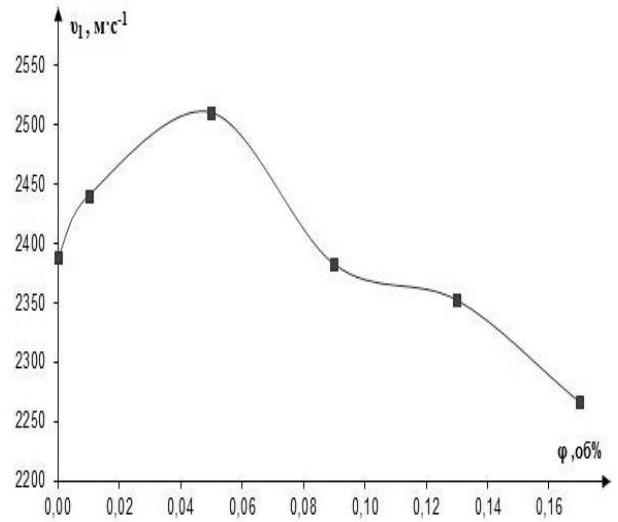


Рис. 9. Концентраційна залежність величини швидкості поширення поздовжньої ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах при  $T = 293 \text{ K}$ .

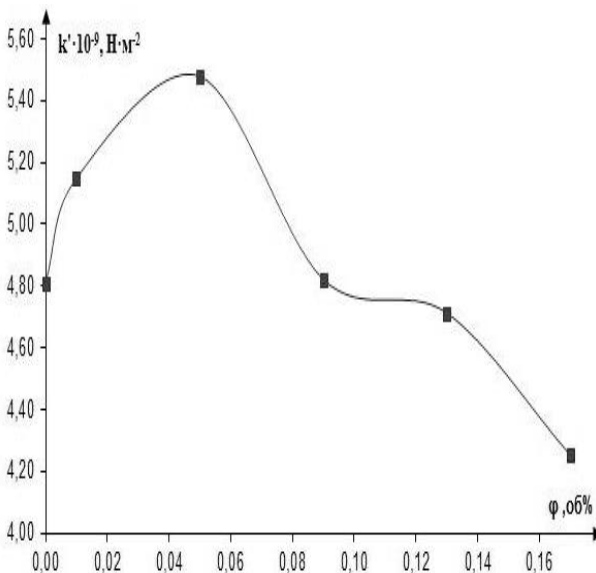


Рис. 7. Концентраційна залежність величини дійсної складової модуля об'ємної деформації ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах при  $T = 293 \text{ K}$ .

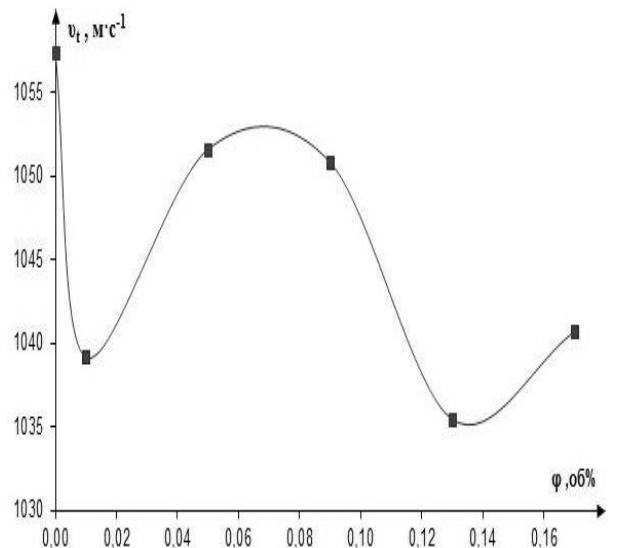


Рис. 10. Концентраційна залежність величини швидкості поширення поперечної ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах  $T = 293 \text{ K}$ .

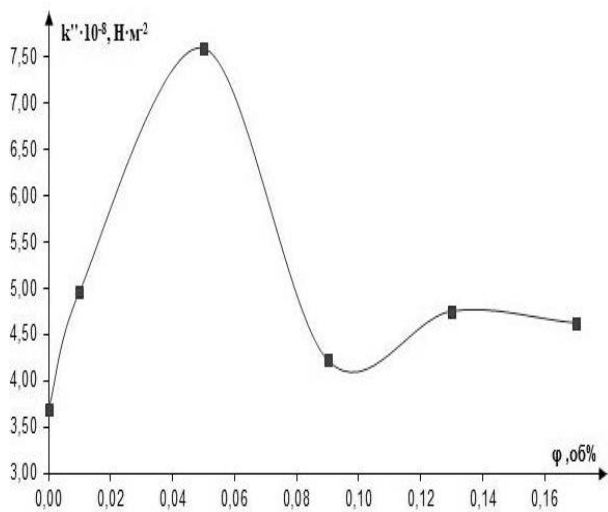


Рис. 8. Концентраційна залежність величини уявної складової модуля об'ємної деформації ультразвукової хвилі у металонаноккомпозитах при  $T = 293 \text{ K}$ .

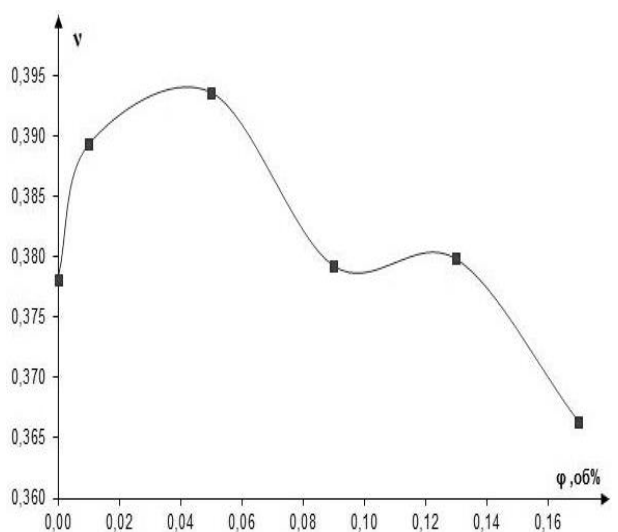


Рис. 11. Концентраційна залежність величини коефіцієнта Пуассона для металонаноккомпозитів при  $T = 293 \text{ K}$ .

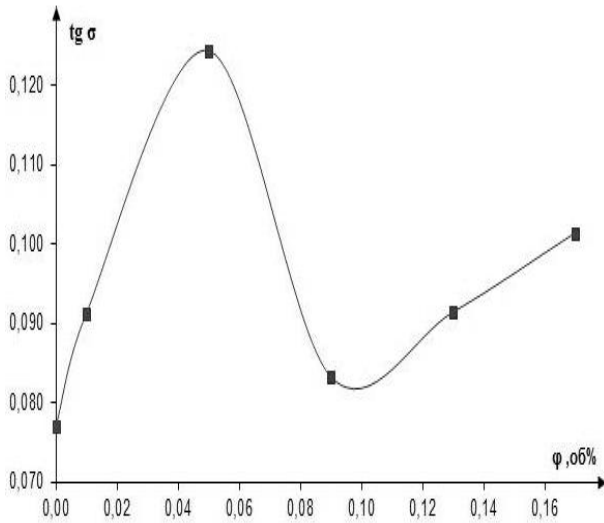


Рис. 12. Концентраційна залежність величини тангенса кута механічних втрат у металонанокompозитах при  $T = 293$  К.

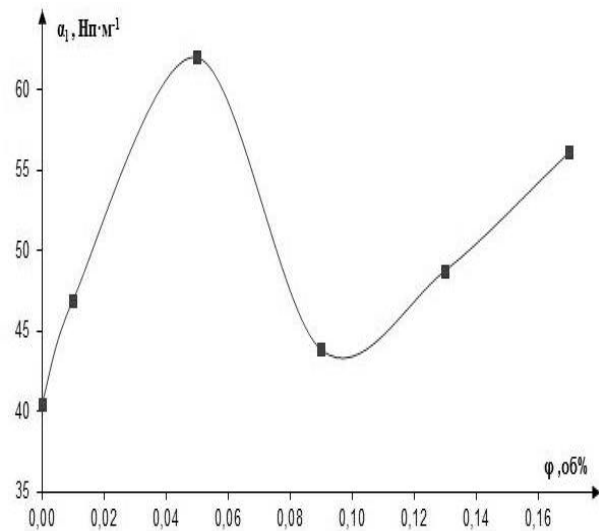


Рис. 13. Концентраційна залежність величини коефіцієнта поглинання поздовжньої ультразвукової хвилі у металонанокompозитах при  $T = 293$  К.

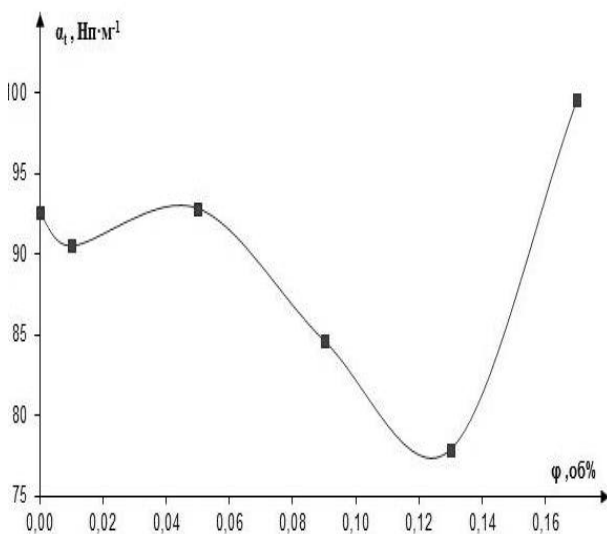


Рис. 14. Концентраційна залежність величини коефіцієнта поглинання поперечної ультразвукової хвилі у металонанокompозитах при  $T = 293$  К.

## Висновки

Одержано новий тип наповнених ПВБ-систем.

Показано, що при зміні вмісту наночастинок міді у ПВБ у діапазонах концентрацій  $0 \leq \varphi < 0,05$  та  $0,11 < \varphi \leq 0,17$  об.% спостерігається ущільнення металонанокompозитів.

Результати акустичних досліджень показують, що основний внесок у дисипацію енергії ультразвукових хвиль у нанокompозитах вносять структурні елементи системи, природа участі яких при деформації зсуву та об'ємній деформації різна. Це відкриває можливість у дослідженому діапазоні вмісту наповнювача скеровано регулювати дисипацію енергії системою та модулі в'язкопружності ПВБ-металонанокompозитів.

Об'ємний вміст нанодисперсних частинок міді в кількості 0,05 об.% у ПВБ є найбільш оптимальним для одержання ПВБ-металонанокompозиту з покращеним комплексом властивостей.

Одержані ПВБМНК можна використати як вібропоглиначі елементи конструкцій та акустичні лінії затримки.

## Література

1. Бучаченко А.Л. // Успехи химии. 2003. Т. 72, № 5. – С. 419.
2. Помогайло А.Д., Розенберг А.С., Уфлянд И.Е. Наночастицы металлов в полимерах. М.: Химия, 2000.
3. Бурцев В.А., Калинин Н.В., Лучинский А.В. Электрический взрыв проводников и его применение в электрофизических установках. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288 с.
4. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. – М.: Академия, 2005. – 286 с.
5. Запис К.В., Джумалиев А.С., Ушаков Н.М., Кособудский И.Д. // Письма в ЖТФ, 2004, том 30, вып. 11. – С.89 – 94.
6. Волошин М.О. Физико-механические свойства нанокompозитов на основе ПВХ. // Материалы докладов XIV Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых "Ломоносов". – М.: МГУ, 2007.
7. Френкель С.Я., Цыгельный И.М., Колупаев Б.С. Молекулярная кибернетика. – Львов: Свит, 1990. – 186 с.
8. Бомба А.Я., Колупаев Б.Б., Колупаев Б.С., Лебедев Е.В., Присяжнюк И.М., Роголя А.М. // Пласт. массы. 2006. №2. – С. 12.
9. Voloshin M. // Abstracts of International Conference of Students and Young Scientists in Theoretical and Experimental Physics "Heureka-2009". Lviv, 2009. – P. D12.
10. Колупаев Б.С. Релаксационные и термические свойства наполненных полимерных систем / Под ред. С.Я. Френкеля. – Львов: ЛГУ, 1980. – 203 с.
11. Лиопо В.А. Рентгеновская дифрактометрия: Учеб. пособие / В.А. Лиопо, В.В. Война. – Гродно: ГрГУ, 2003. – 171 с.
12. Липатов Ю.С. Физико-химические основы наполнения полимеров. – М.: Химия, 1991. – 264 с.

## ЗМІСТ

<i>Б.Б. Колупаєв, В.В. Клепко, Б.С. Колупаєв, В.В. Кривцов, А.А. Свінцицький, І.О. Ткачук.</i> Аспекти теорії теплопереносу і внутрішнього тертя в лінійних полімерних матеріалах.....	3
<i>В.В. Клепко., Б.Б. Колупаєв, Є.В. Лебедев.</i> Взаємозв'язок між параметрами структури і акустичними властивостями ПВХ та ПВБ-систем. 6	6
<i>Е.П. Мамуня, М.М. Нищенко, Е.А. Цанко, В.В. Левченко, Е.В. Лебедев.</i> Электропроводность и позитронная спектроскопия нанокомпозитов поливинилхлорид - углеродные нанотрубки 9	9
<i>Е.А. Лисенков, Ю.П. Гомза, В.В. Давиденко, В.В. Клепко.</i> Структура та властивості полімерних електролітів на основі ПЕГ300 та карбонанотрубок .....	15
<i>В.В. Клепко, Е.А. Лисенков, М.М. Міненко, О.М. Жигір, М.А. Рехтета.</i> Вплив монтморилоніту на діелектричні властивості та провідність полімерних електролітів на основі ПЕГ та LiClO <sub>4</sub> . 21	21
<i>Ю.Б. Муха, М.Р. Костецький, Б.І. Муха, Малиновський Є.В.</i> Вплив природного старіння на величину питомої теплоємності наповненого полівінілбутиралу .....	24
<i>М.С. Панченко, І.М. Панченко, О.С. Мосієвич, А.Л. Панасюк, Н.В. Поліщук, І.М. Карпович.</i> Вплив вологовмісту та пористої структури на магнітну проникність гідрофільних неорганічних полімерів .....	28
<i>О.П. Руденко, С.А. Стеценко, О.В. Хорольський, А.М. Гетало.</i> Дослідження швидкості поширення ультразвуку у фторпохідних метоксibenзолу на лінії насичення.....	31
<i>О.П. Руденко, А.М. Гетало, С.А. Стеценко.</i> Механізм в'язкої течії деяких фторзаміщених аліфатичних спиртів .....	34
<i>О.П. Руденко, О.В. Хорольський, В.В. Прокопенко.</i> Акустичні дослідження розчинів деяких галоїд-1-нафтоїних кислот .....	36
<i>Ю.Р. Максимцев, Б.Б. Колупаєв, О.М. Волошин, Ляшук Т.Г.</i> Вплив зовнішнього електричного поля на теплофізичні властивості пластифікованого полівінілхлориду.....	39
<i>М.О. Волошин.</i> Структурно-об'ємні та фізико-механічні властивості ПВБ-металонанокомпозитів .....	42
<i>В.В. Левчук, Є.В. Лебедев, В.В. Клепко, Б.Б. Колупаєв.</i> Коливально-хвильові процеси в гетерогенних полімерних системах на основі полівінілхлориду.....	47
<i>Т.М. Шевчук, М.А. Бордюк, Дем'янюк Б.П.</i> Оцінки параметрів рухливості структурних елементів макромолекул лінійних аморфних полімерів на основі наноструктурного підходу .....	50
<i>М.І. Шут, П.М. Малежик, Т.Г. Січкач, А.М. Шут, Н.М. Зазимко.</i> Механічні властивості нанокомпозиту на основі епоксидного полімеру ЕД-20.....	55
<i>В.О. Сідлецький, В.Б. Демчук, Б.С. Колупаєв.</i> Вплив гнучкості макромолекул на інкремент теплоємності полімерів при температурі склування.....	58
<i>О.Є. Сергєєва, С.Н. Федосов.</i> Піроелектрична активність сегнетоелектричних полімерів і її зв'язок з перемкнутою поляризацією .....	62
<i>В.М. Гудь.</i> Дослідження оптичних властивостей полімерних композиційних матеріалів методом ІЧ-спектроскопії .....	64



**ФІЗИКА  
КОНДЕНСОВАНИХ  
ВИСОКОМОЛЕКУЛЯРНИХ  
СИСТЕМ**

---

---

**Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету**  
Випуск 14.

Відповідальний за випуск *Бордюк М.А.*  
Випуск підготував *Сідлецький В.О.*  
Підписано до друку 29.01.2010 р. Тираж 100 прим.

Рівненський державний гуманітарний університет  
33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31.