

О.В. ХОРОЛЬСЬКИЙ

Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка
(Вул. Остроградського, 2, Полтава 36003; e-mail: khorolskiy.alexey@gmail.com)

ПРИРОДА В'ЯЗКОСТІ РОЗЧИНІВ ПОЛІВІНІЛОВОГО СПИРТУ У ДИМЕТИЛСУЛЬФОКСИДІ ТА ВОДІ

УДК 532.13, 544.777

На основі експериментальних даних в'язкості розчинів полівінілового спирту в диметилсульфоксиді та воді аналізується застосовність коміркових підходів (формули Айнштайна, формули Бетчелора та їх узагальнень) до опису в'язкості розчинів від об'ємної концентрації макромолекулярних клубків. Показано, що з використанням моделі макромолекули, яка складається з твердого ядра та розрідженої периферії, формула Маломужа–Орлова адекватно описує в'язкість розчинів полівінілового спирту як функцію об'ємної частки макромолекулярних клубків у розчині аж до концентрації перекриття макромолекулярних клубків. Отримані концентраційні залежності ефективних радіусів макромолекул полівінілового спирту у воді та диметилсульфоксиді. Показано, що радіуси макромолекулярних клубків полівінілового спирту з ростом концентрації розчину нелінійно зменшуються.

Ключові слова: коміркова модель, розчин полівінілового спирту, радіус макромолекулярного клубка, формула Маломужа–Орлова.

1. Вступ

Рідкі розчини полівінілового спирту (ПВС) знаходять широке застосування. Вони використовуються у текстильній та паперовій промисловості, в косметичних засобах і сільському господарстві, фармакології та медицині [1]. Як правило, у хімічній технології основним розчинником для ПВС є вода [1]. Проте водні розчини ПВС мають тенденцію до гелеутворення — спостерігається незворотне зростання в'язкості концентрованих водних розчинів ПВС з часом [2]. Водні розчини ПВС широко застосовуються в медицині як криогелі та полімерні матриці для лікарських форм [3], як плівкоутворювачі для покриття таблеток і поживні середовища [4], використовуються для інкапсуляції бактерій та входять до складу мембран для розділення газів і діалізу [5]. Використання ПВС

для біомедичних потреб зумовлене його здатністю до біодеградації з подальшим виведенням організмом [6]. Із термодинамічної точки зору [7] кращим за воду розчинником ПВС є диметилсульфоксид $((\text{CH}_3)_2\text{SO}$, ДМСО) — органічний розчинник, який завдяки нетоксичній дії на організм людини знайшов застосування у різних галузях медицини (наприклад, [8]). Таким чином, дослідження фізичних властивостей розчинів полівінілового спирту у диметилсульфоксиді та воді є актуальним завданням як фізики рідинних систем, так і експериментальної медицини та фармакології.

Метою роботи є дослідження фізичної природи зсувної в'язкості розчинів ПВС у воді та ДМСО. Ми розглядаємо відносно розбавлені розчини, де можна використовувати формулу Айнштайна для суспензій та її узагальнення. Більш концентровані розчини, у яких взаємодія між макромолекулами та розчинником багато у чому нагадує розчин низькомолекулярних рідин, будуть досліджені

© О.В. ХОРОЛЬСЬКИЙ, 2017

окремо, оскільки в цьому випадку підхід до опису зсувної в'язкості повинен повністю змінюватись.

2. Експериментальна частина

Проведені експериментальні дослідження концентраційних і температурних залежностей кінематичної в'язкості та густини розчинів полівінілового спирту у диметилсульфоксиді та воді в інтервалі температур 293–353 К для концентрацій 0,3; 0,5; 0,7; 1; 1,65; 2,32; 3; 5; 7 і 10 мас. %.

Густина вимірювалась пікнометричним методом із похибкою 0,05%, кінематична в'язкість отримана за допомогою капілярних віскозиметрів типу ВПЖ-2 з похибкою 2% за допомогою стандартних методик.

Для досліджень використано полівініловий спирт марки Mowiol 6-98 (Kuragay) зі ступенем гідролізу $(98,4 \pm 0,4)$ мол. % без додаткової очистки. Як розчинники використано двічі дистильовану воду і диметилсульфоксид $((\text{CH}_3)_2\text{SO})$ марки "фарм", який витримували над NaOH і переганяли при низькому тиску (3–5 мм рт. ст.), збираючи середню фракцію. Розчини готували гравіметрично. Концентрація розчинів обчислювалась за формулою:

$$C = \frac{m_{\text{PVA}}}{m_{\text{PVA}} + m_s} 100\%, \quad (1)$$

де m_{PVA} – маса розчиненої речовини, m_s – маса розчинника.

3. Зсувна в'язкість

у відносно розбавлених розчинах ПВС

У розбавлених розчинах гнучколанцюгових полімерів ізольовані макромолекули знаходяться у згорнутих клубкоподібних конформаціях [7]. Тобто з певними застереженнями макромолекулярні клубки наближено можна вважати сферичними частинками. За теорією Айнштайна, згідно з якою молекула розчиненої речовини розглядається як тверда сфера, а розчинник – як суцільне середовище [9], для середньої в'язкості розчину сферичних частинок маємо:

$$\bar{\eta} = \eta_0 \left(1 + \frac{5}{2} \varphi \right), \quad (2)$$

де η_0 – в'язкість розчинника, φ – об'ємна концентрація частинок (макромолекулярних клубків).

Лінійна залежність зсувної в'язкості від об'ємної концентрації свідчить про нехтування гідродинамічною взаємодією між макромолекулярними клубками. Проте, як відомо з [9], формула (2) застосовна для об'ємних концентрацій $\varphi < 0,1$.

Зі зростанням концентрації розчину суттєвими стають гідродинамічні взаємодії між макромолекулами. Їх врахування вперше було здійснено Бетчелором [?], який запропонував формулу:

$$\bar{\eta} = \eta_0 \left(1 + \frac{5}{2} \varphi + 5,2 \varphi^2 + \dots \right), \quad (3)$$

що узагальнює формулу Айнштайна до об'ємних концентрацій $\varphi \leq 0,2$.

На жаль, подальше узагальнення методу Бетчелора стикається зі значними труднощами у знаходженні суми ряду і навіть у розв'язанні питання про його збіжність.

В останні роки з'явилися роботи, які враховують міжчастинкові гідродинамічні взаємодії та доповнені побудовами, запозиченими з досліджень процесів переносу в щільних молекулярних системах. Взаємний вплив частинок описується евристичним рівнянням для середніх значень тензора швидкостей деформацій у суспензії, внаслідок чого середня в'язкість суспензії сферичних частинок визначається співвідношенням [10]:

$$\bar{\eta} = \eta_0 \left(1 + \frac{5}{2} \frac{\varphi}{1 - \varphi} \right). \quad (4)$$

Подальший прогрес у знаходженні зсувної в'язкості більш концентрованих розчинів макромолекул є пов'язаним з використанням коміркових моделей [10]. У них передбачається, що збурення гідродинамічних потоків частинками суспензії локалізується всередині сферичної комірки, яка оточує частинку. Також вважається, що на межі комірки нормальна складова швидкості збурення і тангенціальна напрутка рівні нулю, що означає відсутність тертя на зовнішній поверхні комірки. Зокрема у роботах [10–12] показано, що в'язкість достатньо концентрованої суспензії визначається співвідношенням, яке надалі називатимемо формулою Маломужа–Орлова:

$$\bar{\eta} = \eta_0 \frac{\psi(1 - \psi)}{\psi(1 - \psi) + 1 - \sqrt{1 + 2\psi^2(1 - \psi)}}, \quad (5)$$

де η_0 – в'язкість розчинника, $\bar{\eta}$ – середня в'язкість розчину, $\psi = (R_0/R)^3$, R_0 – радіус частинки суспензії, R – радіус комірки. При $\psi \rightarrow 0$ і $\psi \rightarrow 1$ асимптотики $\bar{\eta}$ набувають значень:

$$\bar{\eta} = \begin{cases} \eta_0(1 + \psi + \psi^2 + \dots), & \psi \rightarrow 0, \\ \frac{2}{3} \frac{\eta_0}{(1 - \psi)}, & \psi \rightarrow 1. \end{cases} \quad (6)$$

Таким чином, задача визначення середньої в'язкості суспензії зводиться до встановлення взаємозв'язку параметра моделі $\psi = (R_0/R)^3$ з величиною питомого об'єму $\varphi = V_0/V$, яка вимірюється експериментально, де V_0 – сумарний об'єм, який займають частинки суспензії, V – об'єм системи.

Відзначимо, що питомий об'єм також може бути визначений за формулою [12]:

$$\varphi = \frac{4\pi}{3} R_0^3 / 8R_G^3, \quad (7)$$

де R_G має смисл середньої міжчастинкової відстані між частинками суспензії. У роботі [12] показано, що:

$$R = (\alpha_0 + \alpha_1\varphi + \alpha_2\varphi^2 + \dots) R_G, \quad (8)$$

де

$$\begin{aligned} \alpha_0 &= \left(\frac{6}{2,5\pi}\right)^{1/3} = 0,93, \\ \alpha_1 &= \frac{\pi\alpha_0^4}{18} \left(\left(\frac{6}{\pi\alpha_0^3}\right) - 5,2\right) = 0,127, \\ \alpha_2 &= 0,03. \end{aligned} \quad (9)$$

Коефіцієнти (9) підбрані таким чином, щоб у розбавлених розчинах відтворювався розклад (3). Комірковий підхід дозволяє описати поведінку середньої в'язкості суспензії у інтервалі значень об'ємної концентрації макромолекул: $\varphi \leq 0,5$, що фактично збігається з густиною розчину, яка відповідає контакту всіх макромолекул [11, 12].

Подальший розвиток описаного коміркового підходу для визначення середньої в'язкості суспензій виконується в роботі [12].

Зазначимо також, що поєднання ідеї коміркових підходів з уявленнями про активаційний механізм руху частинок у рідинах з несферичними молекулами, призводить до встановлення евристичної формули [10]:

$$\bar{\eta} = \eta_0 \exp\left(\frac{5}{2} \frac{\varphi}{1 - \varphi}\right). \quad (10)$$

Для подальших розрахунків важливо обговорити деталі обчислень власного об'єму макромолекул, а також границі, яка відділяє розріджені та щільні розчини.

Для оцінки застосовності співвідношень (2)–(5) і (10) для опису концентраційних залежностей зсувної в'язкості розчинів ПВС у воді та ДМСО необхідно перейти від масової концентрації розчину до об'ємної концентрації φ макромолекулярних клубків. Очевидно, що вони пов'язані між собою співвідношенням:

$$\varphi = \frac{4\pi R^3 \rho C N_A}{3M_w}, \quad (11)$$

де $R = R_0\sqrt{N}$ – радіус макромолекулярного клубка. Середня кількість мономерів у макромолекулі ПВС марки Mowiol 6-98 становить $N = 1000$ [13] і мінімальна довжина мономера $R_0 = 2,5 \text{ \AA}$ [14]; ρ – густина розчину; N_A – стала Авогадро; M_w – середньомасова молекулярна маса, для ПВС марки Mowiol 6-98 маємо $M_w = 47000 \text{ г/моль}$ [13].

У теорії розбавлених розчинів полімерів характеристична в'язкість використовується як критерій для оцінки концентраційного режиму розчину [15]:

$$[\eta] = \lim_{C \rightarrow 0} \left(\frac{\eta - \eta_0}{\eta_0 C}\right), \quad (12)$$

де η – в'язкість розчину полімеру, η_0 – в'язкість розчинника, C – концентрація розчину у масових частках.

Розчин називають розбавленим, якщо його об'єм, зайнятий макромолекулами, значно менше загального об'єму розчину.

Зі зростанням концентрації полімеру структура розчину змінюється, переходячи від ізольованих макромолекул до агрегатів і міжмолекулярної сітки зачеплень при досягненні критичної концентрації перекриття макромолекулярних клубків C^* – початку так званої області кросоверу. Для гнучколанцюгових полімерів критичну концентрацію кросоверу C^* можна визначити експериментально віскозиметричним методом [15]:

$$C^* = \frac{1}{[\eta]}. \quad (13)$$

Аналіз даних таблиці показує, що перехід від розбавленого до напіврозбавленого розчину полі-

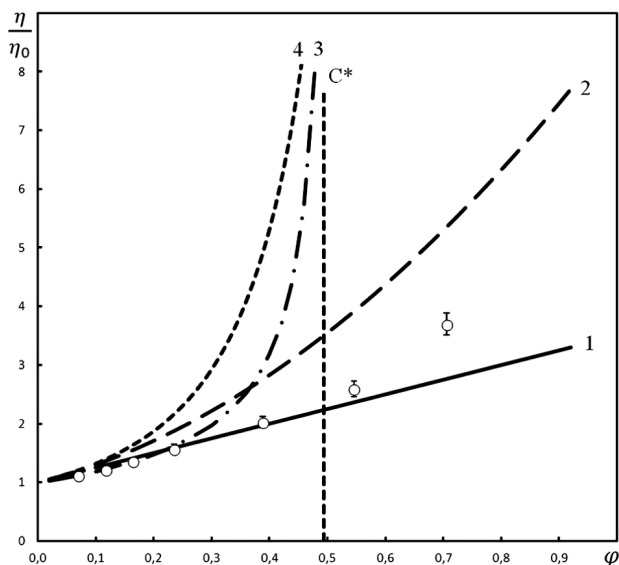


Рис. 1. Відносні ($\bar{\eta}/\eta_0$) експериментальні значення зсувної в'язкості водних розчинів ПВС (білі кружечки) як функція об'ємної концентрації макромолекул: лінія 1 відповідає формулі Айнштайна, лінія 2 – формулі Бетчелора, лінія 3 – формулі Маломужа–Орлова та лінія 4 – формулі (10)

вінілового спирту у диметилсульфоксиді відбувається при нижчих концентраціях, ніж такий перехід у водному розчині полівінілового спирту. На нашу думку, така поведінка зумовлена тим, що кількість контактних взаємодій між макромолекулами полівінілового спирту є меншою, ніж їх кількість між молекулами полівінілового спирту і розчинника [16].

Порівняння отриманих нами експериментальних даних з тими, що відповідають формулам (2)–(5) і (10) при відповідному значенні об'ємної концентрації φ , наведено на рис. 1 та рис. 2.

Із рис. 1 випливає, що аж до концентрації $\varphi \sim 0,6$ експериментальні дані узгоджуються з формулою Айнштайна (2). Цей результат викликає непорозуміння, оскільки межа, яка відділяє розчин віддалених одна від одної макромолекул від розчину, в якому макромолекули починають перекриватись, знаходиться при $\varphi = 0,494$. У зв'язку з цим, можна зробити припущення, що використаний нами розмір макромолекули $R = R_0\sqrt{N} = 79 \text{ \AA}$ є суттєво завищеним. Інакше кажучи, у водному розчині клубки ПВС суттєво стискаються так, що їх власний об'єм суттєво зменшується. Цей висновок якісно узгоджується з моделлю макромолеку-

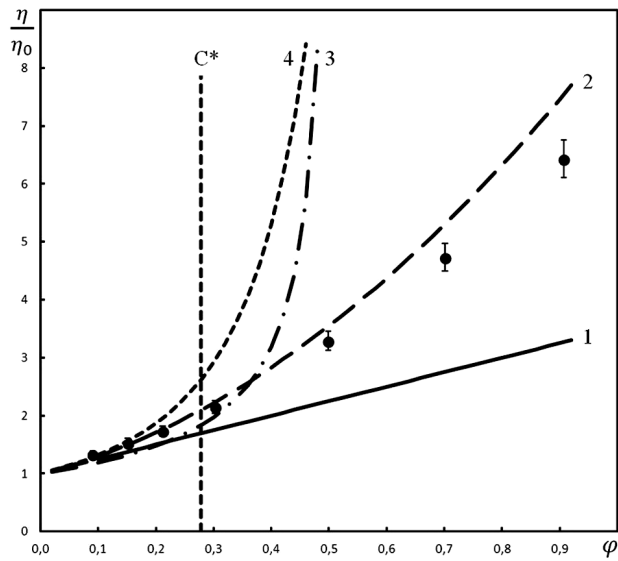


Рис. 2. Відносні ($\bar{\eta}/\eta_0$) експериментальні значення зсувної в'язкості розчинів ПВС у ДМСО (чорні кружечки) як функція об'ємної концентрації макромолекул: лінія 1 відповідає формулі Айнштайна, лінія 2 – формулі Бетчелора, лінія 3 – формулі Маломужа–Орлова та лінія 4 – формулі (10)

ли, що складається з твердого ядра та розрідженої периферії [17], яка слабо впливає на характер гідродинамічних збуджень.

Із рис. 2 видно, що для розчинів ПВС у ДМСО аж до концентрації $\varphi \sim 0,75$ експериментальні дані узгоджуються з формулою Бетчелора (3). Отримані дані є суперечливими, оскільки формула Бетчелора застосовна для об'ємних концентрацій $\varphi \leq 0,2$. Як і в попередньому випадку, можна припустити, що використаний нами розмір макромолекули не є правильним, а отже, і об'ємна концентрація макромолекулярних клубків розрахована не правильно.

Значення характеристичної в'язкості $[\eta]$, середньов'язкісної молекулярної маси M_η , критичної концентрації кросоверу у масових частках C^* та об'ємних долях φ^*

Розчин	$[\eta]$, дл/г	M_η , г/моль	C^* , мас. %	φ^* , об. %
Полівініловий спирт у диметилсульфоксиді	1,09	38580	0,92	0,278
Полівініловий спирт у воді	0,48	38540	2,10	0,494

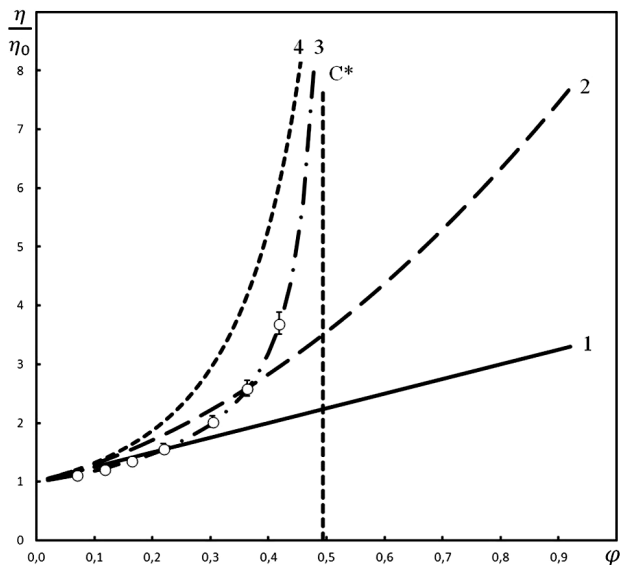


Рис. 3. Відносні $(\bar{\eta}/\eta_0)$ експериментальні значення зсувної в'язкості водних розчинів ПВС (білі кружечки) як функція скорегованої об'ємної концентрації макромолекул: лінія 1 відповідає формулі Айнштайна, лінія 2 – формулі Бетчелора, лінія 3 – формулі Маломужа–Орлова та лінія 4 – формулі (10)

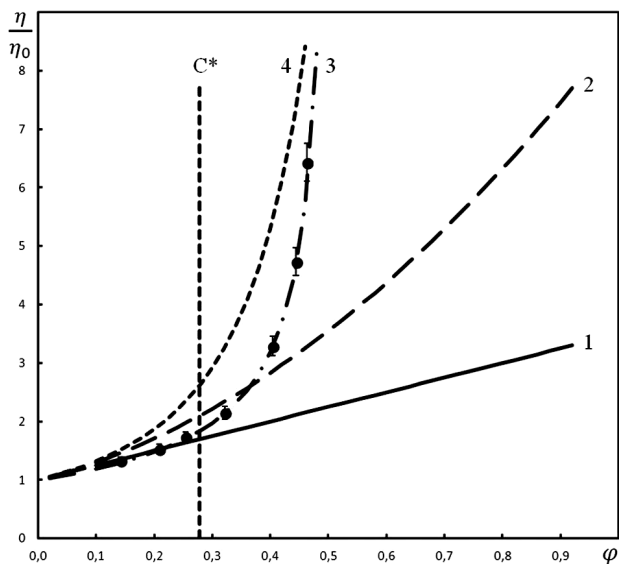


Рис. 4. Відносні $(\bar{\eta}/\eta_0)$ експериментальні значення зсувної в'язкості розчинів ПВС у ДМСО (чорні кружечки) як функція скорегованої об'ємної концентрації макромолекул: лінія 1 відповідає формулі Айнштайна, лінія 2 – формулі Бетчелора, лінія 3 – формулі Маломужа–Орлова та лінія 4 – формулі (10)

856

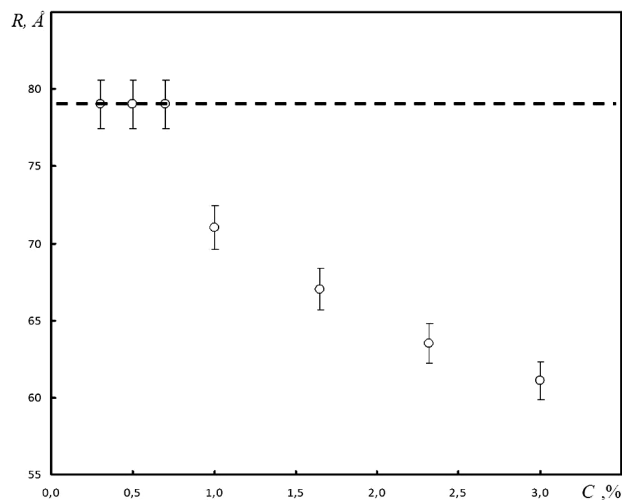


Рис. 5. Залежність ефективного радіуса макромолекулярного клубка від концентрації полівінілового спирту у водному розчині. Пунктирною лінією позначений радіус макромолекулярного клубка, визначений за формулою $R = R_0\sqrt{N} = 79 \text{ \AA}$

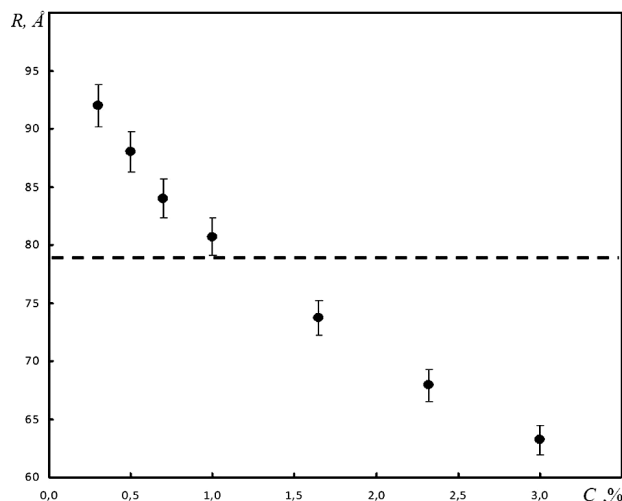


Рис. 6. Залежність ефективного радіуса макромолекулярного клубка від концентрації полівінілового спирту у диметилсульфоксидному розчині. Пунктирною лінією позначений радіус макромолекулярного клубка, визначений за формулою $R = R_0\sqrt{N} = 79 \text{ \AA}$

Із розглянутих коміркових підходів (2)–(5) і (10) для опису зсувної в'язкості розбавлених розчинів ПВС найбільш адекватною є формула Маломужа–Орлова (5). Вона дозволяє моделювати поведінку зсувної в'язкості аж до концентрацій перекриття макромолекулярних клубків. На рис. 3 і рис. 4

показані скореговані залежності відносної зсувної в'язкості $\bar{\eta}/\eta_0$ від об'ємної концентрації макромолекулярних клубків φ , які враховують зміну ефективного радіуса макромолекули з ростом концентрації.

Скориставшись формулою Маломужа–Орлова (5) і формулами (7)–(9), куди ефективний радіус макромолекулярного клубка входить неявним чином, отримуємо концентраційні залежності ефективних радіусів макромолекулярних клубків полівінілового спирту (рис. 5 і рис. 6). Із рис. 5 видно, що для водних розчинів ПВС з концентраціями, меншими від 1 мас.%, ефективний радіус макромолекули залишається незмінним і дорівнює $R = R_0\sqrt{N} = 79 \text{ \AA}$, а із ростом концентрації – нелінійно зменшується. Для розчинів ПВС у ДМСО спостерігається нелінійна спадна залежність (рис. 6), причому радіуси макромолекулярних клубків для низьких концентрацій у середньому на 15% більші, ніж передбачалося, тобто ефективні радіуси макромолекулярних клубків ПВС у ДМСО в розбавлених розчинах більші, ніж такі для водних розчинів ПВС. Це добре узгоджується з результатами робіт [7], що ДМСО є кращим розчинником для ПВС з термодинамічної точки зору.

Подібна поведінка розмірів макромолекулярних клубків з ростом концентрації спостерігалась також у роботах [18, 19]. Цей ефект пов'язується з деформацією гнучколанцюгових макромолекул внаслідок взаємного відштовхування. У роботі [18] демонструється нелінійне зменшення питомого об'єму клубків макромолекул білків з ростом їх концентрації у водних розчинах поліетиленгліколя ($M_w = 8000 \text{ г/моль}$). Порівняння експериментальних даних із даними по моделюванню упаковки твердих сфер нагадує тенденцію, яку ми спостерігаємо на рис. 6. Так само, зменшення середньоквадратичного радіуса макромолекул з ростом концентрації полімеру в розчині поліетиленгліколя ($M_w = 20000 \text{ г/моль}$) автори [19] пов'язують зі згортанням макромолекулярних клубків унаслідок взаємодії між ними та взаємного проникнення клубків.

4. Висновки

На основі експериментальних даних проаналізовано застосовність коміркового підходу до опису

концентраційних залежностей зсувної в'язкості водних та диметилсульфоксидних розчинів полівінілового спирту.

Показано, що формула Маломужа–Орлова (5) дозволяє моделювати в'язкість розчинів полівінілового спирту як функцію об'ємної частки макромолекулярних клубків у розчині аж до концентрації перекриття макромолекулярних клубків. Модель макромолекули, яка складається з твердого ядра та розрідженої периферії, адекватно описує архітектуру макромолекулярних клубків полівінілового спирту в диметилсульфоксиді та воді для розбавлених розчинів.

За допомогою модельної теорії Маломужа–Орлова отримано концентраційні залежності ефективних радіусів макромолекул полівінілового спирту у воді та диметилсульфоксиді. Радіуси макромолекулярних клубків полівінілового спирту з ростом концентрації обох рідинних систем нелінійно зменшуються. Показано, що ефективні радіуси макромолекул розбавлених розчинів полівінілового спирту у диметилсульфоксиді більші, ніж у воді.

Автор роботи є сердечно вдячним академіку Леоніду Анатолійовичу Булавину за постійну увагу до досліджень та всебічну підтримку роботи. Він висловлює також щирouserдну подяку професору М.П. Маломужу та професору В.Я. Гоцульському за методичну допомогу та ґрунтовне обговорення отриманих результатів.

1. R.O. Ebewele. *Polymer Science and Technology* (CRC Press, Boca Raton, 2000) [ISBN: 0-0849-8939-9].
2. Yu.B. Mel'nichenko, L.A. Bulavin. Self-diffusion of water in gelatin gels: 2. Quasi-elastic neutron scattering data. *Polymer* **32**, 3295 (1991).
3. A.K. Bajpai, S.K. Shukla, S. Bhanu, S. Kankane. Responsive polymers in controlled drug delivery. *Prog. Polym. Sci.* **33**, 1088 (2008).
4. D.L. Deskins, Shidrokh Ardestani, P.P. Young. The polyvinyl alcohol sponge model implantation. *J. Vis. Exp.* **62**, 3885 (2012).
5. A. López-Rubio, E. Sanchez, Y. Sanz, J.M. Lagaron. Encapsulation of living bifidobacteria in ultrathin PVOH electrospun fibers. *Biomacromolecules* **10**, 2823 (2009).
6. F. Kawai, X. Hu. Biochemistry of microbial polyvinyl alcohol degradation. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **84**, 227 (2009).
7. O.V. Khorolskiy, O.P. Rudenko. Viscometric research of concentration regimes for polyvinyl alcohol solutions. *Ukr. J. Phys.* **60**, 880 (2015).

8. И.Ю. Кирьянов, А.С. Барыбин, В.А. Михалченко. Применение демитисульфоксида (ДМСО) в экспериментальной и клинической радиологии. *Медицинская радиология* **8**, 73 (1976).
9. A. Einstein. Eine neue Bestimmung der Moleküldimensionen. *Ann. Phys.* **19**, 289 (1906).
G.K. Batchelor. *An Introduction to Fluid Dynamics* (Cambridge Univ. Press, 2000) [ISBN 0-521-66396-2].
10. Н.П. Маломуж, Е.В. Орлов. Новая версия ячеечного метода определения вязкости взвесей. *Коллоидный журнал* **64**, 802 (2002).
11. N.P. Malomuzh, E.V. Orlov. Static shear viscosity of a bimodal suspension. *Ukr. J. Phys.* **50**, 618 (2005).
12. E.V. Orlov. Shear viscosity of dispersions of particles with liquid shells. *Colloid J.* **72**, 820 (2010).
13. *Mowiol Brochure en KSE* (Kuraray Specialities Europe KSE GmbH, 2003).
14. R. Hasegawa, Y. Takahashi, Y. Chatani, H. Tadokoro. Crystal structure of the three crystalline forms of poly(vinylidene fluoride). *Polym. J.* **3**, 600 (1972).
15. C. Meng Kok, A. Rudin. A semi-empirical method for prediction of critical concentrations for polymer overlap in solution. *Europ. Polym. J.* **18**, 363 (1982).
16. G. Tesei, G. Paradossi, E. Chiessi. Poly(vinyl alcohol) oligomer in dilute aqueous solution: A comparative molecular dynamics simulation study. *J. Phys. Chem. B* **116**, 10008 (2012).
17. И.М. Лифшиц, А.Ю. Гросберг, А.Р. Хохлов. Объемные взаимодействия в статистической физике полимерной макромолекулы. *УФН* **127**, 353 (1979).
18. S.B. Zimmerman, S.O. Trach. Estimation of macromolecule concentrations and excluded volume effects for the cytoplasm of *Escherichia coli*. *J. Mol. Biol.* **222**, 599 (1991).
19. H.F. Abbasov, E.A. Masimov. Influence of potassium hydroxide on the formation of macromolecular coils in aqueous solutions of polyethylene glycol 20000. *J. Qafqaz Univ., Phys.* **4**, 44 (2016) [ISSN: 2411-0469].

Одержано 01.08.17

O. V. Khorolskyi

THE NATURE OF VISCOSITY
OF POLYVINYL ALCOHOL SOLUTIONS
IN DIMETHYL SULFOXIDE AND WATER

S u m m a r y

The applicability of cellular approach (Einstein's and Batchelor's formulas) to describe the viscosity of solutions as a function of the volume concentration of macromolecular coils has been analyzed on the basis of viscosity experimental data for polyvinyl alcohol solutions in dimethyl sulfoxide and water. It is shown that the Malomuzh–Orlov formula obtained for the macromolecular coils modeled as a hard core and a rarefied periphery adequately describes the viscosity of polyvinyl alcohol solutions as a function of the volume fraction of macromolecular coils in them up to the overlap concentration. The concentration dependences were obtained for the effective radius of polyvinyl alcohol macromolecules in water and dimethyl sulfoxide. It was shown that the radius of polyvinyl alcohol coils decreases nonlinearly with the growth of the solution concentration.