

## АНАЛІЗ ПОВЕДІНКИ ІОНОГЕННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН І ПОЛІЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ-1500 НА МЕЖІ ПОДІЛУ ФАЗ ВОДНИЙ РОЗЧИН–ПОВІТРЯ

Виявлено синергетичну дію іоногенних поверхнево-активних речовин (ПАР: додецилсульфат натрію, хлорид додециламонію) і поліетиленгліколю-1500 (ПЕГ) у процесі адсорбції на межі розділу фаз розчин–повітря. Проведено з використанням теорії *by Rubing&Rosen* кількісний аналіз змішаних адсорбційних шарів. Запропоновано комп'ютерну програму «*Solver&Settings*», в основу якої покладено розв'язання рівняння Розена, для розрахунку складу змішаних адсорбційних шарів ПАР – низькомолекулярний поверхнево-активний полімер. Програма має простий інтерфейс, працює у поширених операційних системах «*Windows 95/98*». За розрахунковими значеннями параметра міжмолекулярної взаємодії компонентів запропоновано механізм утворення на межі поділу фаз розчин – повітря змішаних адсорбційних шарів.

**Ключові слова:** іоногенна поверхнево-активна речовина (ПАР), поліетиленгліколь-1500, змішані адсорбційні шари, кількісний аналіз.

Досі увага дослідників [1–5] була спрямована на вивчення взаємодії однойменно і протилежно заряджених поверхнево-активних речовин (ПАР) із полімерами в об'ємі водних і водно-сольових розчинів. Досить добре досліджена адсорбція поліелектролітів (ПЕ) на поверхні протилежно заряджених змішаних везикул, що складаються з ліпідів й іоногенних ПАР [3], а також адсорбція катіонних ПЕ на поверхні везикул, утворених сумішшю катіонних й аніонних ПАР [4], і нейтрального полімеру – поліетиленгліколю (ПЕГ) на поверхні міцел, утворених із катіонних ПАР одного гомологічного ряду [5]. Значно менше уваги звернуто на кількісний аналіз поведінки ПАР і полімеру в адсорбційних шарах на межі поділу фаз змішаний розчин (ПАР–полімер) – повітря залежно від мольного співвідношення компонентів у розчині, природи ПАР [6, с. 25–28]. Ці дослідження важливі для розв'язання низки практичних питань, передовсім пов'язаних із правильним підбором композицій ПАР–полімер, здатних ефективно знижувати міжфазну поверхневу енергію.

Мета роботи – проведення кількісного і термодинамічного аналізу поведінки іоногенних ПАР і поверхнево-активного полімеру на межі поділу фаз бінарний водний розчин – повітря.

Як іоногенних ПАР використано коротколанцюгові аніонну ПАР – додецилсульфат натрію (ДДСН) і катіонну ПАР – хлорид додециламонію (ХДДА), вибір яких обумовлений доступністю, а також частішим знаходженням їх у побутових (йдеться перш за все про ДДСН [7; 8],

що входить до складу синтетичних мийних засобів) і промислових стічних водах.

Для кількісного опису процесу адсорбції досліджуваних іоногенних ПАР (ДДСН, ХДДА) і полімеру зі змішаних бінарних водних розчинів на межі з повітрям необхідно було підібрати такий полімер, який добре розчиняється у воді, має невелику молекулярну масу і молекули якого мали б незначну поверхневу активність. Цим умовам відповідав неіоногенний полімер – поліетиленгліколь (ПЕГ,  $M = 1500$  г/моль), широко використовуваний у побутовій хімії, текстильній, каучуковій, металооброблювальній та інших промисловостях, фармакології і т. д. [9; 10].

Оскільки ПЕГ є напівпродуктом синтезу неіоногенних ПАР, то і поведінку ПЕГ з іоногенними ПАР на межі поділу фаз розчин–повітря логічно було б спробувати описати (за аналогією з поведінкою бінарних сумішей іоноген-неіоногенних ПАР [11–13]) в рамках моделі псевдофазного розподілення з використанням теорії *by Rubing&Rosen* [14; 15].

Бінарні розчини ДДСН і ХДДА з ПЕГ різного складу одержані змішуванням індивідуальних розчинів ПАР і ПЕГ, приготовлених на дистильованій воді з хімічно чистих препаратів, з наступним їх розведенням. При зміні концентрації двох компонентів їх задане мольне співвідношення 0,3 (ПАР) : 0,7 (ПЕГ) і 0,5 (ПАР) : 0,5 (ПЕГ) в ході експерименту було постійним.

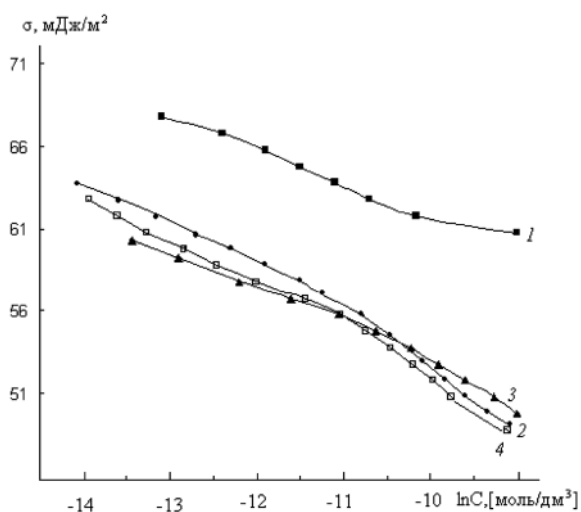
Попередні кінетичні дослідження показали, що рівноважні значення поверхневого натягу змішаних водних розчинів ПАР–полімер, вимі-

ряні за методом Вільгельмі з точністю  $\pm 0,5$  мДж/м<sup>2</sup>, встановлюються при температурі  $T = 293$  К протягом доби.

Експериментально встановлено (рис. 1, 2), що в ділянці розведених водних розчинів ( $C < 1 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>) суміші ДДСН – ПЕГ і ХДДА – ПЕГ виявляють синергізм за поверхневим натягом. Синергічне зниження поверхневого натягу відбувається, коли загальна молярна концентрація суміші ПАР – ПЕГ, необхідна для досягнення певного значення поверхневого натягу ( $\sigma$ ), нижче молярних концентрацій індивідуальних розчинів ПАР, ПЕГ (табл. 1). Крім того, із даних табл. 1 також видно: змішування ДДСН і ХДДП із ПЕГ призводить до негативного відхилення ( $C_{1,2}^\sigma$  (експ.)  $<$   $C_{1,2}^\sigma$  (розрах.) від ідеальної поведінки компонентів в адсорбційних шарах, що для двокомпонентної системи описується рівнянням Ланге [14]:

$$\frac{1}{C_{1,2}^\sigma} = \frac{\alpha}{C_1^\sigma} + \frac{(1-\alpha)}{C_2^\sigma}, \quad (1)$$

де  $\alpha$  – мольна частка ПАР у змішаному розчині з ПЕГ;  $C_1^\sigma, C_2^\sigma, C_{1,2}^\sigma$  – молярні концентрації індивідуальних розчинів ПАР, ПЕГ і їхніх бінарних сумішей відповідно при певному значенні поверхневого натягу. Це свідчить про утворення на межі поділу фаз розчин – повітря змішаних адсорбційних шарів. А бінарні суміші ДДСН і ХДДА з ПЕГ-1500 ефективно знижують поверхневий натяг завдяки взаємодії компонентів у змішаних адсорбційних шарах.



**Рис. 1.** Ізотерми поверхневого натягу розчинів індивідуальних ПЕГ-1500 (1), ДДСН (2) і їхніх бінарних водних розчинів з мольною часткою ( $\alpha$ ) ДДСН у розчині: 0,3 (3), 0,5 (4)

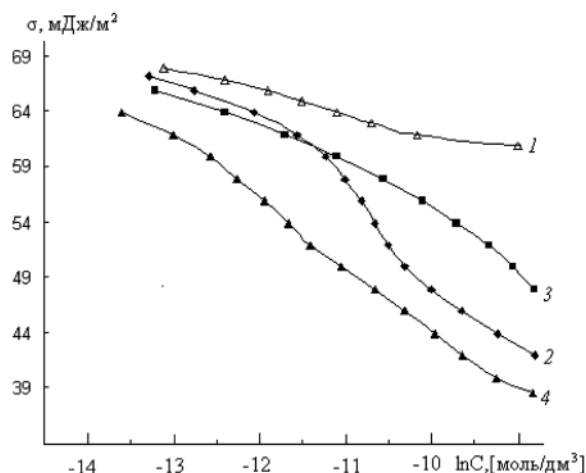
Знайдена аналогія в поведінці бінарних сумішей досліджуваних іоногенних поверхнево-активних речовин і поверхнево-активного полімеру ПЕГ-1500 з поведінкою бінарних сумішей

іоногенних і неіоногенних ПАР [11–13] на межі поділу фаз розчин – повітря сприяла застосуванню моделі псевдофазного розподілення для кількісного опису з використанням теорії by Rubing&Rosen [15; 16] змішаних адсорбційних шарів ДДСН – ПЕГ, ХДДА – ПЕГ, а саме: розрахувати склад змішаних адсорбційних шарів ( $x^\sigma$ ) і параметр міжмолекулярної взаємодії ( $\beta^\sigma$ ) в них компонентів відповідно за рівняннями (2) і (3):

$$\frac{(x^\sigma)^2 \ln(\alpha C_{1,2}^\sigma / x^\sigma C_1^\sigma)}{(1-x^\sigma)^2 \ln[(1-\alpha)C_{1,2}^\sigma / (1-x^\sigma)C_2^\sigma]} = 1, \quad (2)$$

$$\beta^\sigma = \frac{\ln(\alpha C_{1,2}^\sigma / x^\sigma C_1^\sigma)}{(1-x^\sigma)^2}, \quad (3)$$

де  $x^\sigma$  – мольна частка ПАР у змішаному адсорбційному шарі на межі поділу фаз розчин – повітря при певному значенні поверхневого натягу.



**Рис. 2.** Ізотерми поверхневого натягу розчинів індивідуальних ПЕГ-1500 (1), ХДДА (2) і їхніх бінарних водних розчинів з мольною часткою ( $\alpha$ ) ХДДА у розчині: 0,3 (3), 0,5 (4)

Обробку експериментальних даних (розрахунок складу змішаних адсорбційних шарів на межі поділу фаз розчин – повітря, утворених поверхнево-активною речовиною і поверхнево-активним низькомолекулярним полімером) здійснено за допомогою розробленої комп'ютерної програми «Solver&Settings» (Solver.exe and Settings.txt). Математична частина програми включає метод розв'язання рівняння (2) другого порядку з чотирма змінними –  $\alpha, C_1^\sigma, C_2^\sigma, C_{1,2}^\sigma$  [16]. Програма, в якій використано метод ділення від'їздки напіл [17, с. 60], має простий інтерфейс і працює у поширених операційних системах «Windows 95/98».

На рис. 3. представлено головне діалогове вікно після запуску програми. Діалогове вікно оформлено у вигляді калькулятора. Нижче наведено приклад використання програми і поетапно

Таблиця 1. Значення мольної частки ( $x^\sigma$ ) іоногенної ПАР (ДДСН, ХДДА) і параметра міжмолекулярної взаємодії ( $\beta^\sigma$ ) ПАР з ПЕГ-1500 у змішаних адсорбційних шарах при вибраних значеннях поверхневого натягу ( $\sigma$ ), що відповідають додатковим умовам синергізму, і фіксованій мольній частці ( $\alpha$ ) ПАР у бінарному розчині з ПЕГ-1500

$\sigma$ , мДж/м <sup>2</sup>	$C_1^\sigma$ (ДДСН), моль/дм <sup>3</sup>	$C_2^\sigma$ (ПЕГ), моль/дм <sup>3</sup>	$\alpha$ (ПАР)	$C_{1,2}^\sigma$ (рознр), моль/дм <sup>3</sup>	$C_{1,2}^\sigma$ (експ), моль/дм <sup>3</sup>	$x^\sigma$	$-\beta^\sigma$
<i>ДДСН – ПЕГ</i>							
63	$1,30 \cdot 10^{-6}$	$2,37 \cdot 10^{-5}$	0,5	$2,46 \cdot 10^{-6}$	$1,00 \cdot 10^{-6}$	0,67	5,1
62	$1,85 \cdot 10^{-6}$	$2,89 \cdot 10^{-5}$		$3,48 \cdot 10^{-6}$	$1,24 \cdot 10^{-6}$	0,67	6,4
61	$2,00 \cdot 10^{-6}$	$7,48 \cdot 10^{-5}$		$3,90 \cdot 10^{-6}$	$1,59 \cdot 10^{-6}$	0,71	6,9
<i>ХДДА – ПЕГ</i>							
63	$8,72 \cdot 10^{-6}$	$2,37 \cdot 10^{-5}$	0,3	$1,56 \cdot 10^{-5}$	$5,29 \cdot 10^{-6}$	0,51	4,3
			0,5	$1,27 \cdot 10^{-5}$	$1,44 \cdot 10^{-6}$	0,55	9,4
62	$9,64 \cdot 10^{-6}$	$2,89 \cdot 10^{-5}$	0,3	$1,81 \cdot 10^{-5}$	$8,72 \cdot 10^{-6}$	0,51	3,0
			0,5	$1,45 \cdot 10^{-5}$	$2,15 \cdot 10^{-6}$	0,56	8,3
61	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$7,48 \cdot 10^{-5}$	0,3	$2,77 \cdot 10^{-5}$	$1,06 \cdot 10^{-5}$	0,59	4,3
			0,5	$1,95 \cdot 10^{-5}$	$2,63 \cdot 10^{-6}$	0,58	9,1

розписано всі дії для досягнення кінцевого результату – розрахунку  $x^\sigma$ .

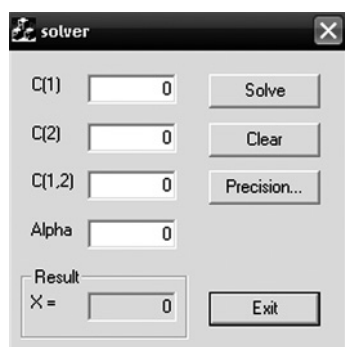


Рис. 3. Головне діалогове вікно програми «Solver&Settings»

Приклад використання програми «Solver&Settings». Обирається така бінарна суміш, як ДДСН–ПЕГ, з фіксованим мольним співвідношенням компонентів у розчині. Якщо за мольну частку «Alpha» в бінарному розчині взято мольну частку ( $\alpha$ ) ДДСН, то і для подальших розрахунків його молярну концентрацію варто приймати як  $C_1^\sigma$ , а молярну концентрацію ПЕГ-1500 як  $C_2^\sigma$ . У діалоговому вікні програми  $C_1^\sigma$  і  $C_2^\sigma$  позначені через  $C(1)$  і  $C(2)$ , а молярна концентрація суміші  $C_{1,2}^\sigma$  через  $C(1,2)$  при  $\sigma = \text{const}$ . Концентрації компонентів  $C(1)$ ,  $C(2)$  і їхні суміші  $C(1,2)$  при вибраному значенні поверхневого натягу (наприклад, при  $\sigma = 63$  мДж/м<sup>2</sup> для ДДСН – ПЕГ) набирають послідовно «1,30e-6», «2,37e-5», «1,00e-6», переходячи з верхньої чарунки на нижню лівою кнопкою миші або кнопкою на клавіатурі [↔], «Alpha» – як «0,5». Після введення параметрів суміші слід натиснути кнопку «Solve» – і на екрані автоматично з'являється чарунка «X=», що відповідає  $x^\sigma$ , у цьому випадку мольній частці ДДСН у змішаному адсорбційному шарі з ПЕГ.

Розрахункові дані (табл. 1) вказують на те, що склад змішаних адсорбційних шарів, утворених молекулами (іонами) ПАР і ПЕГ-1500, відрізняється від складу бінарного розчину. Особливо це стосується сумішей з  $\alpha(\text{ДДСН}) = 0,5$  і  $\alpha(\text{ХДДА}) = 0,3$ . А якщо порівняти розчин ДДСН–ПЕГ з розчином ХДДА–ПЕГ з еквімолярним вмістом у них компонентів, то варто зазначити, що склад змішаних адсорбційних шарів залежно від природи ПАР виявляється дещо збагачений ДДСН:  $x^\sigma(\text{ДДСН}) \approx 0,70$ ;  $x^\sigma(\text{ХДДА}) \approx 0,60$ . Зі зростанням загальної концентрації ПАР–ПЕГ (зі зменшенням поверхневого натягу) при фіксованому мольному співвідношенні компонентів у розчині мольна частка ДДСН і ХДДА у змішаних адсорбційних шарах збільшується від 0,67 до 0,71 і від 0,55 до 0,58 (табл. 1).

Одержані негативні значення параметра  $\beta^\sigma$  свідчать, що іоногенні ПАР (ДДСН, ХДДА) у змішаних адсорбційних шарах із ПЕГ притягуються один до одного із силою, що перевищує взаємодію між молекулами (іонами) одного типу. Саме взаємодії між ПАР і ПЕГ визначають відносний вміст компонентів у змішаних адсорбційних шарах і суттєво залежать від складу бінарного розчину. Так, наприклад, зі збільшенням вмісту катіонної ПАР у змішаному розчині з ПЕГ і постійному значенні поверхневого натягу взаємодія між компонентами зростає ~ удвічі (табл. 1). І дійсно, з отриманих тензіометричних досліджень випливає (рис. 2), що в усій концентраційній ділянці еквімолярна суміш ХДДА–ПЕГ виявляє найбільший синергізм за поверхневим натягом, а значить, має кращі порівняно з індивідуальними компонентами адсорбційні властивості.

У вузькому діапазоні вибраних на рис. 1–2 значень  $\sigma$  61 ÷ 63 мДж/м<sup>2</sup>, де виконуються додаткові умови синергізму: 1)  $\beta^\sigma < 0$ ; 2)  $|\ln C_1^\sigma / C_2^\sigma| < |\beta^\sigma|$ ,

одержані розрахункові значення параметра міжмолекулярної взаємодії ( $\beta^\sigma$ ) ДДСН і ХДДА з ПЕГ у змішаних адсорбційних шарах, хоча і мало змінюються (табл. 1), але ця зміна пов'язана зі зміною будови адсорбційних шарів і щільністю упакування в них компонентів.

Порівняно високі значення (за абсолютною величиною) параметра  $\beta^\sigma$  (табл. 1) свідчать про те, що в досліджуваних сумішах ДДСН–ПЕГ, ХДДА–ПЕГ механізм утворення змішаних адсорбційних шарів на межі поділу фаз розчин–повітря складний і визначається взаємодіями полярних груп (іон-дипольна взаємодія), координацією поліоксетиленового ланцюга навколо іона натрію (у випадку ДДСН) і додециламонію (у випадку ХДДА) та специфічними взаємодіями (гідрофобні, утворення водневих зв'язків).

Для розрахунку зміни стандартної вільної енергії Гіббса адсорбції індивідуальних ПАР (ДДСН, ХДДА), ПЕГ-1500 і бінарних сумішей ПАР – ПЕГ на межі поділу фаз розчин–повітря ( $\Delta C_{\text{адс}}^0$ ) використано рівняння [18, с. 7]:

$$\Delta G_{\text{адс}}^0 = RT \ln \left( \frac{C}{\pi} \right), \quad (4)$$

де  $\pi = \Delta \sigma$  – поверхневий тиск адсорбційного шару;  $C$  – концентрація досліджуваного розчину: ПАР, ПЕГ або ПАР–ПЕГ (стандартний стан –  $C_{\text{ПА}} = 1 \text{ М}$ ,  $\pi = 1 \text{ мДж/м}^2$ ), що дає змогу, на відміну від відомого рівняння Ленгмюра [19], уникнути приблизної величини – товщі адсорбційних шарів, утворених індивідуальними іоногенними ПАР, ПЕГ-1500 і їхніми бінарними сумішами різного складу, та отриману шляхом графічної обробки ізотерм поверхневого натягу з використанням рівняння Гіббса величину адсорбції. Крім того, відкритим залишається питання: чи враховувати при визначенні величини адсорбції у випадку бінарних сумішей іоногенна ПАР – ПЕГ-1500 коефіцієнт 1/2?

Зіставлення значень стандартних вільних енергій Гіббса адсорбції ( $\Delta C_{\text{адс}}^0$ ) бінарних сумішей ДДСН–ПЕГ, ХДДА–ПЕГ на межі розділу фаз розчин–повітря зі значеннями стандартних

вільних енергій Гіббса адсорбції ПАР, ПЕГ з індивідуальних водних розчинів показало, що адсорбція ПАР за наявності ПЕГ є термодинамічно вигіднішим процесом порівняно з процесом їхньої адсорбції із індивідуальних водних розчинів на межі поділу фаз розчин–повітря. Максимальне значення величини  $\Delta C_{\text{адс}}^0$  спостерігається для бінарних сумішей ПАР–ПЕГ такого складу: 0,3 (ДДСН) : 0,7 (ПЕГ) і 0,5 (ХДДА) : 0,5 (ПЕГ).

Таблиця 2. Значення стандартної вільної енергії Гіббса ( $\Delta C_{\text{адс}}^0$ ) адсорбції ПАР (ДДСН, ХДДА), ПЕГ-1500 з індивідуальних і бінарних водних розчинів ПАР–ПЕГ на межі з повітрям.

$\alpha$ (ДДСН)	$-\Delta C_{\text{адс}}^0$ кДж/моль	$\alpha$ (ХДДА)	$-\Delta C_{\text{адс}}^0$ кДж/моль
0,0	21,8	0,0	21,8
0,3	36,2	0,3	24,6
0,5	34,3	0,5	25,0
1,0	30,8	1,0	22,1

Резюмуючи викладене, слід зазначити, що досліджувані бінарні суміші ДДСН і ХДДА з ПЕГ-1500 при обраних мольних співвідношеннях компонентів виявляють негативне відхилення від ідеальної поведінки у процесі адсорбції, що супроводжується утворенням на межі поділу фаз розчин–повітря змішаних адсорбційних шарів. Склад змішаних адсорбційних шарів збагачений молекулами (іонами) ПАР. Найбільший синергічний ефект у процесі адсорбції спостерігається при еквімолярному співвідношенні ХДДА і ПЕГ у змішаному розчині, а також при великому вмісті у змішаному розчині з ДДСН ПЕГ. Одержані результати можуть зацікавити технологів з одержання синергічних комбінацій ПАР – полімер із покращеними адсорбційними властивостями. А запропонована програма «Solver&Settings», в основу якої покладено розв'язання рівняння другого порядку [17, с. 60], дасть змогу дослідникові значно скоротити час, необхідний для розрахунку складу змішаних адсорбційних шарів ПАР – низькомолекулярний поверхнево-активний полімер.

### Література

- Хандурина Ю. В. Взаимодействие сетчатых полиэлектролитов с противоположно заряженными поверхностно-активными веществами : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. хим. наук : спец. 02.00.06. «Химия высокомолекулярных соединений» / Хандурина Ю. В. – М., 1993. – 23 с.
- Шестернин С. Л. Взаимодействие синтетических полиэлектролитов с мицеллообразующими поверхностно-активными веществами в водно-органических средах : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. хим. наук : спец. 02.00.06. «Химия высокомолекулярных соединений» / Шестернин С. Л. – Алма-Ата, 1993. – 21 с.
- Удалых О. Ю. Взаимодействие синтетических полиэлектролитов с везикулами, содержащими ионогенные поверхностно-активные вещества : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. хим. наук : спец. 02.00.06. «Химия высокомолекулярных соединений» / Удалых О. Ю. – М., 1999. – 21 с.
- Regev O. Polymer-induced structural effects on cationic vesicles : formation of faceted vesicles, disks and cross-links / O. Regev, E. F. Margues, A. Khan // Langmuir. – 1999. – Vol. 15, № 2. – С. 642–645.
- Bakshi M. S. Mixed micelles of cationic surfactants in aqueous polyethylene glycol-1000 / M. S. Bakshi // J. Dispers. Sci. and Technol. – 1999. – Vol. 20, № 7. – P. 1715–1735.
- Актуальные проблемы европейских наук = Aktualne problemy nowoczesnych nauk : материалы V междунар. научно-практ. конф., 07–15 июля 2009 г., Прага = Przemysl. T. 19 / отв. ред. С. Горняк. – Прага : Наука и студия, 2009. – 80 с.

7. Шварц А. Поверхностно-активные вещества (их химия и техническое применение) / А. Шварц, Дж. Перри. ; пер. с англ. И. А. Левина, Н. А. Плетневой, О. С. Соловьевой. – М. : Инлитиздат, 1953. – 544 с.
8. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества : синтез, анализ, свойства, применение : учеб. пособие для вузов по спец. «Хим. технология орган. веществ» / А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко, С. И. Файнгольд ; под ред. А. А. Абрамзона. – Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1988. – 199, [1] с.
9. Энциклопедия полимеров : в 3 т. – Т. 2 : Полинозные волокна. – М. : Советская энциклопедия, 1974. – С. 427–432.
10. Режим доступа: <http://www.chem.eurohim.ru/catalog/CosmeticsHouseholdAdditives/Group160/Description.html>. – Назва з екрана.
11. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах : [учебное изд.] / К. Холмберг, Б. Йенссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.
12. Voljuvach O. V. (Voliuvach O.V.) Quantitative and thermodynamic estimation of interfacion of dodecylpyridinium chloride with the tween-40 and tween-60 on the interface of phases solution-air / O. V. Voljuvach // Chemical Thermodynamics in Russia : XVII International Conference, June 29 – July 3, 2009 : Abstracts in 2 Volumes / Russian Academy of Sciences and other. – Kazan, Russian Federation : IPH «Butlerov Heritage». – 2009. – Vol. 1. – P. 377.
13. Волювач О. В. Адсорбція хлориду додецилпіридинію із розчинів, що містять Твіни (Твін-40, Твін-60) / О. Волювач, О. Стрельцова // Укр. хім. журн. – 2011. – Т. 77, № 3. – С. 21–25.
14. Lange H. Zur Mizellbildung in Mischlosungen homologer und nichthomologer Tenside / H. Lange, K.-H. Beck // Kolloid-Z. u. Z. Polymere. – 1973. – Bd. 251, № 5. – S. 424–431.
15. Rubingh D. N. Solution Chemistry of Surfactants / ed. by K. L. Mittal – N. Y. – L. : Plenum Press. – 1979. – Vol. 1. – P. 337.
16. Rosen M. J. Phenomena in Mixed Surfactant Systems / ed. by J. F. Scamehorn. – Washington : Am. Chem. Soc., 1986. – 349 p.
17. Волювач О. В. Колоїдно-хімічні закономірності вилучення солей гексадецилпіридинію із водних розчинів : дис. на здобуття наук. ступеня канд. хім. наук : спец. 02.00.11 «Колоїдна хімія» / Волювач О. В. – К., 2006. – 135 с.
18. Поверхностные свойства и мицеллообразование в водных растворах гомологического ряда катионных поверхностно-активных мономеров / [В. Г. Бабак, А. Н. Павлов, Т. Ф. Свистова и др.] // Коллоидн. журн. – 1996. – Т. 58, № 1. – С. 5–12.
19. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества. Свойства и применение / А. А. Абрамзон – Л. : Химия, Ленингр. отд-ние, 1981. – 304 с.

*O. Voliuvach*

### THE ANALYSIS OF BEHAVIOUR IONIC SURFACTANTS AND POLYETYLENEGLYCOL-1500 ON THE INTERFACE OF PHASES THE AQUEOUS SOLUTION–AIR

*It is revealed synergetic action ionic surfactants (sodium dodecylsulfate, dodecylammonium chloride) and polyetyleneglycol-1500 (PEG) during adsorption on the interface of phases solution–air. It is lead with use of the theory by Rubing&Rosen the quantitative analysis mixed адсорбционных layers. The computer program Solver&Settings in which basis the decision of equation by Rosen is necessary, for calculation of structure mixed adsorption layers of surfactant – low-molecular surface-active polymer is offered. The program has the simple interface, works in the widespread operational systems Windows 95/98. On the designed values of parameter of intermolecular interaction of components the mechanism of formation on the interface of phases solution – air of mixed adsorption layers is offered.*

**Keywords:** ionic surfactant, polyetyleneglycol-1500, mixed adsorption layers, the quantitative analysis.

*Матеріал надійшов 10.05.2012*