

Представленные результаты показывают принципиальную возможность регулирования структуры, свойств и морфологии полу-ВПС ксерогелей, отличающихся M_c исходной ПУ-компоненты.

РЕЗЮМЕ. Методами ДСК і СЕМ досліджували структуру та властивості сітчастих поліуретанів з різною M_c , а також ксерогелів послідовних напів-ВПС на їх основі. В якості другого компоненту використано як природні полімери (желатина, КМЦ), так і полігідроксиетилметакрилат (ПГЕМА). Встановлено, що із зростанням M_c вихідної ПУ-сітки збільшується вміст лінійного компоненту в складі напів-ВПС. Ступінь кристалічності сегментів ПЕГ в ПУ-компоненті зменшується у напів-ВПС з желатиною та КМЦ, а в напів-ВПС складу ПУ/ПГЕМА кардинально змінюється структура утвореної полімерної системи. Морфологічні дослідження вихідних ПУ та ксерогелів напів-ВПС на основі ПУ/желатина та ПУ/КМЦ після ліофільної сушки показують двофазну морфологію. Ксерогелі ПУ/ПГЕМА характеризуються найбільш пористою структурою.

SUMMARY. The structure and properties of polyurethane networks with different M_c and sequential semi-IPN xerogels based on them were studied by methods of DSC and SEM. Natural polymers such as gelatin, carboxymet-

hylcellulose (CMC), and poly(2-hydroxyethyl methacrylate) (PHEMA) have been used as second component. It was established, that with increasing of M_c of initial PU contain of the second components in semi-IPNs increases. The degree of crystallinity of PEG segments in PU-component is reduced in semi-IPNs with gelatin and CMC, and in semi-IPNs based on PU and PHEMA the structure of polymeric system crucially changes. The morphological investigate of initial PU and semi-IPN xerogels based on PU/gelatin and PU/CMC after liophilic drying shows the two-phase morphology. PU/PHEMA xerogels are characterized by more porous structure.

1. *Лунатов Ю.С., Протасеня Л.А., Алексева Т.Т. и др.* // Докл. НАН Украины. -2005. -№ 5. -С.130—136.
2. *Abbasi F., Mirzadeh H., Katbab A.A.* // J. Appl. Polym. Sci. -2002. -**85**. -P. 1825—1831.
3. *Cho S.M., Kim S.Y., Lee Y.M. et al.* // Ibid. -1999. -**73**. -P. 169—178.
4. *Conway B.E., Tong S.C.* // J. Polym. Sci. -1960. -**46**, № 147. -P. 113—127.
5. *Лопатин В.В., Аскадский А.А., Васильев В.Г.* // Высокомолекуляр. соединения. А. -2005. -**47**, № 7. -С. 1187—1195.
6. *Лунатова Т.Э.* Каталитическая полимеризация олигомеров и формирование полимерных сеток. -Киев.: Наук. думка, 1974.

Институт химии высокомолекулярных соединений
НАН Украины, Киев

Поступила 09.02.2005

УДК 678.643

М.М. Братичак, О.В. Шишак, Н.Г. Носова, Мих.Мих. Братичак, Т.І. Червінський **СТРУКТУРУВАННЯ ЕПОКСИ-ОЛІГОМЕРНИХ СУМІШЕЙ У ПРИСУТНОСТІ** **(3-АМІНОПРОПІЛ)ТРИЕТОКСИСИЛАНУ ***

Показано можливість формування полімерних плівок сітчастої будови на основі епоксидно-олігомерних сумішей, що складаються з промислової епоксидної смоли ЕД-20, пероксидної похідної епоксидної смоли ЕД-20, олігоестеракрилату ТГМ-3, (3-амінопропіл)триетоксисилану та поліетиленполіаміну. Вивчено вплив співвідношення компонентів суміші, температури і тривалості процесу на вміст гель-фракції та твердість плівок при ступінчастому структуруванні, спочатку при кімнатній температурі 24 год, а потім при 383, 403 і 423 К впродовж 15—75 хв. Проведено модифікацію поверхні скла епоксидно-олігомерними сумішами і за зміною крайового кута змочування води та дийодметану визначено значення поверхневої енергії між полімером та склом.

Раніше [1—3] було показано, що суміші, які складаються з промислової епоксидної смоли ЕД-20, пероксидної похідної епоксидної смоли ЕД-20 та активного розчинника — триетиленглікольдиметакрилату (олігоестеракрилату ТГМ-3) з ви-

користанням поліетиленполіаміну, здатні утворювати тривимірні плівки, що характеризуються задовільними експлуатаційними властивостями. Процес формування таких плівок проводять ступінчасто: спочатку при кімнатній темпе-

* Роботу виконано за фінансової підтримки УНТЦ (грант № 1930) у рамках проекту "Реакційноздатні функціональні колоїдні носії для хімічної, біологічної та мікроелектронної технологій".

© М.М. Братичак, О.В. Шишак, Н.Г. Носова, Мих.Мих. Братичак, Т.І. Червінський, 2007

ратурі 24 год, а потім при нагріванні до 373, 403 або 423 К впродовж 15—75 хв.

ІЧ-спектроскопічними дослідженнями встановлено, що при кімнатній температурі утворення продуктів тривимірної будови відбувається внаслідок взаємодії епоксидних груп смоли ЕД-20 та її пероксидної похідної з молекулами поліетиленполіаміну з утворенням вільних гідроксильних груп. При нагріванні до 373 К і вище відбувається додаткове зшивання молекул суміші за участю пероксидних груп модифікованої епоксидної смоли ЕД-20 та подвійних зв'язків, які містяться у молекулі ТГМ-3. Поряд з радикальними процесами при структуруванні таких сумішей при нагріванні мають місце реакції, які відбуваються між гідроксильними та залишковими епоксидними групами. Це приводить до збільшення вмісту гель-фракції та підвищення твердості плівок. Водночас, такі плівки характеризуються недостатньою адгезією до поверхні скла.

У роботі вивчено структурування епокси-олігомерних сумішей на основі промислової епоксидної смоли ЕД-20, пероксидної похідної епоксидної смоли ЕД-20 та олігоестеракрилату ТГМ-3 у присутності (3-амінопропіл)триетоксисилану з використанням амінного затвердника поліетиленполіаміну та проведена модифікація такою композицією поверхні скла.

Роль (3-амінопропіл)триетоксисилану (АПТЕС), формули $H_2N(CH_2)_3Si(OC_2H_5)_3$, у епокси-олігомерній суміші повинна полягати у тому, що внаслідок присутності аміногрупи він приєднується до зшиті структури на основі епоксидної смоли ЕД-20, а завдяки етоксисилільним групам, що містяться в АПТЕС, покращує адгезію полімерної плівки до поверхні скла.

Діанову епоксидну смолу марки ЕД-20 використовували українського виробництва з молекулярною масою (M_n) 350 та епоксидним числом (е.ч.) 20.2 %. Пероксидну похідну вищеназваної епоксидної смоли (ППЕС), яку можна подати загальною формулою, наведеною нижче, одержували за методикою, описаною в роботах [1, 2], хімічною модифікацією смоли ЕД-20 гідропероксидом *трет*-бутилу в присутності каталітичної системи, що складається з 18-краун-6 та $ZnCl_2$ у співвідношенні 1:3 % мол., у середовищі 2-пропанолу при 323 К впродовж 14 год. Кількість гідропероксиду *трет*-бутилу в реакційній суміші

становила 3 моль на 1 епоксидну групу смоли ЕД-20. Для ППЕС знайдено: M_n 540, е.ч. 9.8 %, вміст активного кисню 2.9 %. Олігоестеракрилат ТГМ-3 — сполука з M_n 280. Поліетиленполіамін (ПЕПА) — промисловий продукт марки "Б".

Епокси-олігомерні суміші, склад яких поданий у табл. 1, готували, перемішуючи при кімнатній температурі смоли ЕД-20, ППЕС, олігоестеракрилат ТГМ-3 і АПТЕС до одержання однорідної суміші. До утвореної композиції при перемішуванні додавали ПЕПА. Кількість смоли ЕД-20 (80 мас. част.) та ППЕС (20 мас. част.) була виб-

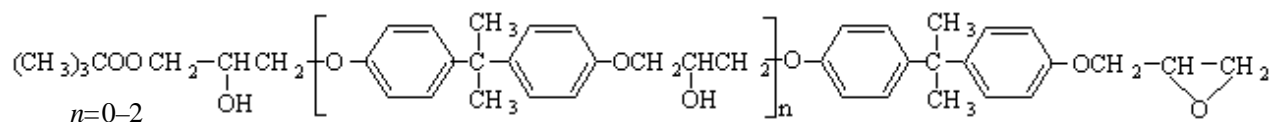
Т а б л и ц я 1

Склад епокси-олігомерних сумішей

Компонент	Вміст компоненту у суміші, мас.част.							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
ЕД-20	80	80	80	80	80	80	80	80
ППЕС	20	20	20	20	20	20	20	20
ТГМ-3	5	10	15	20	5	5	5	15
АПТЕС	5	5	5	5	10	15	20	—
ПЕПА	12	12	12	12	12	12	12	12

рана, виходячи із попередніх досліджень [2, 3], проведених за відсутності АПТЕС. Для порівняння вивчали суміш, яка не містила АПТЕС (комп. VIII, табл. 1). Суміш наливам наносили на попередньо знежирені скляні пластинки стандартного розміру і проводили ступінчасте структурування композицій — спочатку при кімнатній температурі впродовж 24 год, а потім при нагріванні (383, 403 або 423 К) впродовж 15—75 хв. Контроль за структурними змінами проводили, визначаючи вміст гель-фракції подрібнених зразків у апараті Соклета при екстракції їх ацетоном впродовж 14 год та твердість полімерних плівок на маятниковому приладі М-3 при кімнатній температурі.

Аналіз результатів, поданих у табл. 2 і 3, свідчить про те, що вміст гель-фракції у композиціях та їх твердість залежать як від кількості ТГМ-3 і АПТЕС, так і від температури та тривалості структурування. Збільшення кількості олігоестеракрилату ТГМ-3 у композиціях від 5 до 20 мас. част. приводить до зменшення вмісту гель-фракції (табл. 2).



Т а б л и ц я 2

Залежність вмісту гель-фракції та твердості композицій від складу і тривалості структуривання

Номер композиції за табл. 1	Показник	Значення показника від тривалості структуривання (хв) при температурі					
		293 К		423 К			
		24 год	15	30	45	60	75
I	<i>G</i>	76.6	88.0	89.2	89.3	89.4	89.4
	<i>T</i>	0.20	0.56	0.65	0.65	0.65	0.65
II	<i>G</i>	75.5	85.0	86.0	86.2	86.3	86.3
	<i>T</i>	0.07	0.63	0.64	0.65	0.65	0.65
III	<i>G</i>	76.5	84.2	84.5	85.0	85.1	85.1
	<i>T</i>	0.03	0.65	0.65	0.68	0.72	0.72
IV	<i>G</i>	70.0	68.5	78.5	78.6	78.7	78.7
	<i>T</i>	0.03	0.52	0.52	0.58	0.60	0.62
VIII	<i>G</i>	78.0	80.3	82.5	83.0	83.0	83.1
	<i>T</i>	0.25	0.64	0.65	0.67	0.68	0.68

П р и м і т к а. *G* — вміст гель-фракції, %; *T* — твердість плівок за маятниковим приладом М-3, відн. од.

Оптимальна кількість ТГМ-3 — 5 мас. част. Із збільшенням кількості ТГМ-3 зменшується також твердість плівок, структурованих при кімнатній температурі. Із підвищенням вмісту в сумішах ТГМ-3 до 15 мас. част. зменшується твердість полімерних плівок, формування яких відбувається при кімнатній температурі, але зростає в процесі структуривання при 423 К. Це вказує на те, що при кімнатній температурі пероксидні групи ППЕС є стабільними і лише при нагріванні розкладаються з утворенням вільних радикалів, які викликають прищеплену полімеризацію молекул ТГМ-3 за подвійними зв'язками. При збільшенні вмісту ТГМ-3 до 20 мас. част. (табл. 2) спостерігається як зменшення вмісту гель-фракції, так і твердості плівок внаслідок утворення гомополімеру ТГМ-3, який хімічно не зв'язаний з молекулами, структурованими внаслідок взаємодії ПЕПА з ЕД-20 та ППЕС.

Порівнюючи результати структуривання композиції, що містить АПТЕС (комп. III, табл. 2), із сумішшю без АПТЕС (комп. VIII), бачимо, що присутність АПТЕС значно підвищує твердість плівок, структурованих при кімнатній температурі. Водночас композиції, які містять АПТЕС, характеризую-

ться дещо вищими показниками вмісту гель-фракції та твердості у випадку формування плівок при нагріванні (табл. 2). Це свідчить про участь молекул АПТЕС в процесах структуривання епоксидно-олігомерних сумішей.

Вивчаючи вплив кількості АПТЕС на вміст гель-фракції та твердість отриманих плівок (комп. I, V, VI і VII) знайдено (табл. 3), що при збільшенні кількості силіційвмісної сполуки зменшується кількість вмісту гель-фракції після структуривання композицій при кімнатній температурі впродовж 24 год. Така закономірність спостерігається і при структуриванні даних сумішей при 383 К. Підвищення температури до 403 К вирівнює значення показників за вмістом гель-фракції, і складає для композицій I, V, VI і VII за 75 хв структуривання 93.0—93.7 %. Плівки мають достатньо високу твердість, яка у випадку композиції VII при 403 К за 75 хв сягає значення 0.9 відн. од. Структуривання сумішей у присутності АПТЕС відбувається за участю епоксидних груп смоли ЕД-20 та ППЕС. Затвердником слугує ПЕПА. АПТЕС приєднується до молекул вищезазначених

Т а б л и ц я 3

Залежність вмісту гель-фракції та твердості композицій від складу, тривалості та температури структуривання

Номер композиції за табл. 1	<i>T</i> , К	Показник	Значення показника при тривалості структуривання, хв					
			24 год, $t_{\text{кім}}$	15	30	45	60	75
I	383	<i>G</i>	76.6	85.8	89.0	90.0	90.6	90.6
		<i>T</i>	0.10	0.40	0.50	0.60	0.60	0.70
	403	<i>G</i>	76.1	88.4	89.2	91.1	92.7	93.0
		<i>T</i>	0.10	0.50	0.60	0.70	0.70	0.80
V	383	<i>G</i>	72.9	73.6	84.1	85.8	88.4	88.4
		<i>T</i>	0.05	0.05	0.60	0.60	0.60	0.70
	403	<i>G</i>	72.3	76.3	89.7	93.0	93.0	93.0
		<i>T</i>	0.05	0.60	0.70	0.70	0.70	0.80
VI	383	<i>G</i>	71.1	77.0	78.6	83.4	85.6	86.8
		<i>T</i>	0.03	0.40	0.50	0.60	0.70	0.70
	403	<i>G</i>	71.2	85.7	92.7	92.8	93.6	93.7
		<i>T</i>	0.03	0.50	0.70	0.70	0.80	0.80
VII	383	<i>G</i>	70.2	79.3	80.7	85.6	86.5	88.0
		<i>T</i>	0.02	0.20	0.40	0.60	0.60	0.60
	403	<i>G</i>	70.0	79.6	85.8	86.9	89.1	90.3
		<i>T</i>	0.02	0.40	0.60	0.70	0.80	0.90

П р и м і т к а. *G* — вміст гель-фракції, %; *T* — твердість плівок за маятниковим приладом М-3, відн. од.

сполук за епоксидними групами завдяки присутності у його молекулі вільної аміногрупи. При нагріванні прищеплений до основної матриці (смоли ЕД-20) ППЕС утворює внаслідок розкладу –О–О– зв'язків радикали, які викликають полімеризацію молекул ТГМ-3 з приєднанням їх до тривимірної структури, в яку ввійшли молекули ЕД-20, ППЕС, АПТЕСу та ПЕПА.

Структуровані на склі епокси-олігомерні композиції, що містять молекули АПТЕС, характеризуються високою адгезією ("одиниця" за методом решітчастого надрізу) та хімічною стійкістю до агресивних середовищ впродовж 3 місяців.

З метою в'яснення, які сили взаємодії відповідалі за високу адгезію полімерної композиції до поверхні скла, була вивчена модифікація поверхні скла вищеподаними епокси-олігомерними сумішами. Як видно з табл. 1, основними компонентами епокси-олігомерних сумішей є епоксидна смола ЕД-20 та ППЕС. Для встановлення ролі смоли ЕД-20 та ППЕС у процесах взаємодії полімерної суміші з поверхнею скла на початку вивчали модифікацію поверхні скла окремо смолою ЕД-20 та її пероксидною похідною (ППЕС).

Визначення складових поверхневої енергії проводили за методикою, описану в роботі [4], внаслідок замірів крайових кутів змочування двох рідин — води та йодистого метилену. Кути змочування визначали за допомогою мікроскопу з 56-кратним збільшенням та масштабом шкали 1:35. Об'єм краплі, що наносили на пластинку, не перевищував 1.0–1.6 мм³, тому деформацію форми краплі під дією сили тяжіння не враховували. Для усунення зміни об'єму краплі через випаровування заміри проводили у плоско-паралельній кюветі, в якій була створена атмосфера парів речовин, кут змочування яких визначали. На поверхню пластини за допомогою мікрошприца наносили краплі рідини (4–5 краплі на пластинки розміром 0.01×0.005 м²). Для одного виду пластинок проводили три паралельних заміри. Кювету з пластинкою термостатували при 293 К впродовж 15 хв для встановлення рівноваги, після чого заміряли розміри крапель.

Оцінку складових поверхневої енергії за методом двох рідин [4] проводили за рівнянням:

$$1 + \cos\theta = 2 \left[\frac{(\lambda_s^d)^{1/2} (\lambda_l^d)^{1/2}}{\lambda} + \frac{(\lambda_s^h)^{1/2} (\lambda_l^h)^{1/2}}{\lambda} \right], \quad (1)$$

де λ — поверхневий натяг, мН/м; нижні індекси s, l відносяться до поверхневих натягів твердого тіла (підкладки) та рідини відповідно; верхні ін-

Т а б л и ц я 4

Значення складових поверхневого натягу (λ_i , мН/м) для окремих речовин [5]

Речовина	λ_l^d	λ_l^h	λ_l
Вода	21.8	51.0	72.8
Дийодметан	48.5	2.3	50.8

Т а б л и ц я 5

Зміна енергетики поверхні скла в залежності від температури її модифікації ППЕС

T, К	λ_l^d	λ_l^h	λ_l
	Дін/см ³		
293	29.0	20.0	49.0
353	32.0	10.0	42.0
373	36.0	6.8	42.8
393	39.5	2.0	41.5
403	40.2	1.8	42.0
423	43.0	1.6	44.6

Примітка. Тривалість процесу 1 год.

декси d, h позначають складові дисперсійного (Лондонівського) та водневого зв'язування відповідно; θ — крайовий кут змочування.

Розв'язування системи двох рівнянь (1) зі значеннями встановлених кутів змочування підкладок двома рідинами та підстановка даних табл. 4 (за роботою [5]) дозволяє визначити складові поверхневого натягу.

Нанесення розчину епоксидної смоли ЕД-20, ППЕС або епокси-олігомерної композиції на скло здійснювали за методикою "spin-coating" [6]. На поверхню пластинки, закріпленої в установці, наносили 0.08 мл розчину олігомеру (суміші) у гептані та витримували 1 хв при 2000 об/хв. Для порівняння контрольні пластинки обробляли гептаном. Надалі пластинки нагрівали у герметичному боксі в атмосфері аргону при 353–423 К впродовж 15–75 хв. Після нагрівання проводили екстракцію пластинок в апараті Сокслета пропанолом впродовж 4 год та висушували у вакуум-сушильній шафі до постійної маси. Зміну складових поверхневої енергії визначали за рівнянням (1). Одержані результати наведені на рис. 1 і в табл. 5.

У процесі модифікації поверхні скла окремо

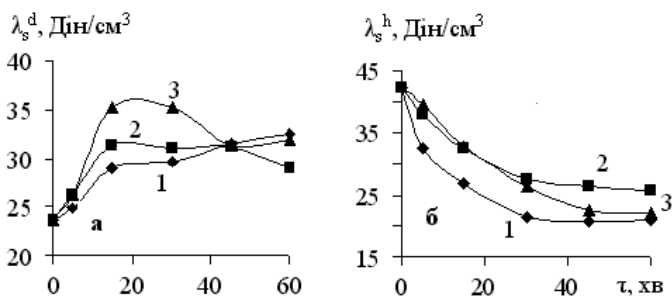


Рис. 1. Залежність зміни дисперсійної (а) та водневої (б) складових вільної поверхневої енергії від тривалості обробки поверхні скла ППЕС при 383 (1), 403 (2) і 423 К (3).

смолою ЕД-20 і ППЕС спостерігається збільшення дисперсійної складової вільної поверхневої енергії (рис. 2) та зменшення водневої складової. Це свідчить про прищеплення досліджуваних речовин до поверхні скла, причому кращі результати досягнуті у випадку використання ППЕС (рис. 2). Збільшення дисперсійної складової вільної поверхневої енергії поверхні скла у процесі його модифікації смолою ЕД-20 та ППЕС можна пояснити хімічною взаємодією між функційними групами смоли та поверхнею скла. У випадку застосування смоли ЕД-20 при нагріванні можлива часткова взаємодія епоксидних груп смоли із гідроксильними групами скла [7]. При застосуванні ППЕС, який, окрім епоксидних груп, містить лабільні $-O-O-$ зв'язки, крім реакції між епоксидною та гідроксильною групами при 393 К, відбувається розклад пероксидних груп з утворенням вільних радикалів, обривання яких проходить на поверхні скла з утворенням ковалентних зв'язків. Ковалентні зв'язки також можуть утворюватись внаслідок взаємодії вільних етоксисилільних груп, що містяться у структурованій плівці, із силанольними групами поверхні скла. Крім наведених реакцій, у випадку ППЕС може мати

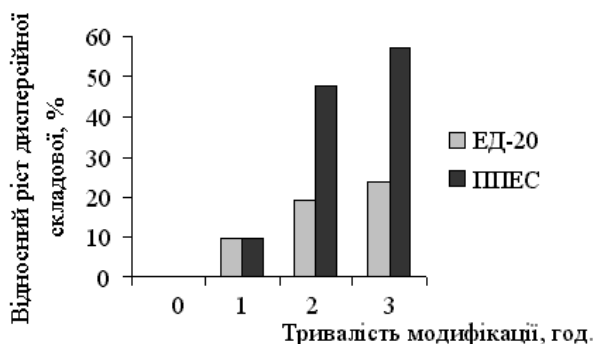


Рис. 2. Зміна дисперсійної складової вільної поверхневої енергії поверхні скла після її модифікації при 393 К.

місце утворення водневих зв'язків між гідроксильними групами скла та гідроксильними групами ППЕС. Тому в процесі нагрівання протягом 2—3 год відбувається значне збільшення дисперсійної складової вільної поверхневої енергії поверхні скла (рис. 2). З метою встановлення оптимальних умов процесу прищеплення визначали зміну вільної поверхневої енергії поверхні скла в залежності від температури нанесення смоли (табл. 5).

Результати, подані у табл. 5, свідчать про те, що в інтервалі температур 393—423 К відбувається модифікація поверхні скла. Враховуючи те, що структурування епокси-олігомерних композицій, до складу яких входить ППЕС (табл. 1), проводили ступінчасто, модифікацію поверхні скла ППЕС також вивчали ступінчасто. ППЕС наносили на скло, витримували в інертному середовищі при кімнатній температурі протягом 24 год, а потім нагрівали при 383, 403 або 423 К у часовому інтервалі від 5 до 60 хв. Після вимивання неприщепленого олігомеру і замірів крайових кутів змочування двох рідин визначили значення вільної поверхневої енергії модифікованої поверхні скла (рис. 1).

Збільшення дисперсійної складової вільної поверхневої енергії при симбатному зменшенні водневої складової ще раз підтверджує проходження процесу модифікації поверхні скла. Водночас, екстремальний характер кривої залежності дисперсійної складової при 423 К свідчить про проходження протилежного процесу, тобто відривання молекул ППЕС від поверхні скла. Це можливе у випадку, коли прищеплення до поверхні скла супроводжується структуруванням молекул ППЕС. Швидкий розклад пероксидних груп у молекулах ППЕС при 423 К приводить не лише до обривання утворених вільних радикалів внаслідок їх прищеплення до поверхні скла, але і рекомбінації радикалів між собою з утворенням полімеру більшої молекулярної маси, який не прищеплюється до поверхні скла.

Структурування молекул ППЕС супроводжується об'ємним стисненням (усадкою), яке за умов модифікації призводить до виникнення навантажень на межі фаз полімер—скло.

З використанням рівняння Кас'є [5]:

$$\cos\theta = x \cdot \cos\theta_1 + (1-x) \cdot \cos\theta_2, \quad (2)$$

де x та $(1-x)$ — доля поверхні, яка зайнята ділянками типу 1 і 2; θ_1 , и θ_2 — крайові кути рідини на однорідних поверхнях 1 та 2; θ — крайовий



Рис. 3. Залежність ступеня покриття від тривалості обробки поверхні скла ППЕС при 383 (1), 403 (2) та 423 К (3).

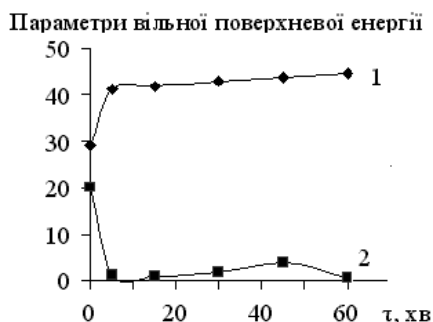


Рис. 4. Залежність зміни дисперсійної (1) та водневої (2) складових поверхневої енергії від тривалості структуризації композиції V при 383 К.

кут поверхні, що досліджується, була проведена оцінка ступеня покриття поверхні скла ППЕС у залежності від температури та тривалості обробки (рис. 3). При 383 К процес відривання полімеру від поверхні скла є мінімальним, тому має місце модифікація поверхні, причому ступінь покриття досягає 95 % (рис. 3). З підвищенням температури зменшується ступінь покриття, що підтверджує перебіг процесу структуривання молекул ППЕС. З рис. 3 видно, що оптимальними умовами модифікації поверхні скла ППЕС є 383 К при тривалості процесу 30 хв. Отримані результати були використані для модифікації поверхні скла епоксидно-олігомерною сумішшю, яка містить АПТЕС (композиція V, табл. 1). Епоксидно-олігомерну композицію розчиняли в ацетоні до одержання 80 %-го розчину. Процес модифікації поверхні скла композицією проводили ступінчасто: спочатку при кімнатній температурі впродовж 24 год в атмосфері інертного газу, а потім при 383 К у часовому інтервалі 5—60 хв (рис. 4).

З рис. 4 видно, що при модифікації поверхні скла епоксидно-олігомерною сумішшю відбувається

збільшення дисперсійної та різке зменшення водневої складових вільної поверхневої енергії. При цьому ступінь покриття складає 80—90 %. При структуриванні епоксидно-олігомерних композицій, що містять АПТЕС, на поверхні скляних пластинок мають місце два процеси. З одного боку, відбувається прищеплення молекул суміші до поверхні скла, внаслідок чого полімерні плівки проявляють високу адгезію до скла, а з іншого — утворення тривимірних структур (структуривання), що приводить до високої твердості плівки та стійкості до дії агресивних середовищ.

РЕЗЮМЕ. Показана можливість формування полимерних плінок сетчастої структури на основі епоксидно-олігомерних смесей, состоящих из промышленной эпоксидной смолы ЭД-20, пероксидной производной эпоксидной смолы ЭД-20, олигоэстеракрилата ТГМ-3, (3-аминопропил)триэтоксисилана и полиэтиленполиамин. Изучено влияние соотношения компонентов смеси, температуры и длительности процесса на содержание гель-фракции и твердость пленок при ступенчатом структурировании при различных температурах. Проведена модификация поверхности стекла эпоксидно-олігомерными смесями и по изменению крайнего угла смачивания воды и диодметана определены значения поверхностной энергии между полимером и стеклом.

SUMMARY. We have studied at glass surface the structuration of epoxy-oligomeric mixtures consisting of ED-20 industrial epoxy resin, peroxy derivative of ED-20 epoxy resin, tryethyleneglycoledimethacrylate, (3-aminopropyl)tryetoxysilane and polyethylenepolyamine. We have established that introduction of (3-aminopropyl)tryetoxysilane by quantity of 5—20 mas.parts calculated for 100 mas.parts of epoxy components into epoxy-oligomeric mixture allows to obtain polymeric films with hardness 0.62—0.90 rel.units, gel-fraction content 78.7—93.7 % and adhesion equal to "one" determined with "grid nick" method.

1. Братичак М.М., Червінський Т.І., Гагін М.Б. та ін. // Укр. хим. журн. -2005. -71, № 5. -С. 51—56.
2. Братичак М.М., Червінський Т.І., Гагін М.Б. // Доп. НАН України. -2004. -№ 6. -С. 145—148.
3. Chervinsky T., Bratyshak M., Gagin M. Waclawek W. // Chemia i inzynieria ekologiczna. -2004. -11, № 11. -S. 1225—1231.
4. Ван Кревелен Д.В. Свойства и химическое строение полимеров. -М.: Химия, 1976.
5. Кинлок Э. Адгезия и адгезивы. -М.: Мир, 1991.
6. Jenkins D., Hudson S. // Chem. Rew. -2001. -№ 101. -P. 3245—3273.
7. Пакен А.М. Эпоксидные соединения и эпоксидные смолы: Пер. с нем. -Л.: Госхимиздат, 1962.