

ВПЛИВ ОБРОБОК ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ГІДРОФІЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В роботі проведено дослідження адсорбції нових катіоноактивних і неіоногенних поверхнево-активних речовин (ПАР) на поліефірних і поліамідних тканинах. Встановлено закономірності адсорбції і форми ізотерм, що дозволяє зробити висновки про механізм адсорбції на волокнах з утворенням моношарів з молекул неіоногенних ПАР і бішарів з молекул катіоноактивних ПАР. Показано, що обробка синтетичних тканин розчинами катіонних ПАР призводить до різкого збільшення їх гідрофільності, змочувальності та антистатичних властивостей.

In this article the study of adsorption of new cationic and nonionic surfactants on the polyester and polyamide fabrics has been carried out. The regularities of adsorption and the forms of isotherms were determined and allowed to conclude about the mechanism of adsorption on the fibers with the formation of monolayers of molecules of nonionic surfactants and bilayers of molecules of cationic surfactants. It has been shown that the processing of synthetic fabric by the solutions of cationic surfactants leads to the sharp increase of their wetting ability, hygroscopic and antistatic properties.

Ключові слова: поверхнево-активні речовини, адсорбція, капілярність, гігроскопічність, синтетичні тканини.

Вступ

Одну з найбільших галузей промислового виробництва товарів для безпосередніх потреб людини займає виготовлення текстильної продукції для одягу і виробів різноманітного побутового і технічного призначення. При цьому найбільш інтенсивно зростають об'єми виготовлення хімічних волокон завдяки їх високій рентабельності і доступній сировинній базі. Синтетичні волокна характеризуються значно більшою міцністю, доброю еластичністю, стійкістю до тертя і змінання, відсутністю усадки та іншими корисними властивостями, які дозволили розширити області їх використання у порівнянні з натуральними волокнами і матеріалами. Але синтетичні волокна мають і деякі недоліки: високі гідрофобні і низькі сорбційні властивості, жорсткість, недостатню волого- і повітропередачу і хімічну стабільність, здатність до сильної електризації, що відображається на фізико-гігієнічних властивостях матеріалів для одягу.

Оптимальний мікроклімат під одягом повинен забезпечувати нормальний функціональний стан людини, її гарне самопочуття, високу працездатність. Тому значимість гігієнічних показників і комфортності в оцінці одягу споживачами також безперервно зростає і стає одним з важливих критеріїв використання текстильних матеріалів і одягу з них. Це потребує регулювання гігієнічних властивостей синтетичних гідрофобних матеріалів: їх капілярних властивостей, водо-, паро- і повітропроникності та ін. [1].

В останні роки намітились нові важливі тенденції у створенні волокон і волокнистих матеріалів на їх основі, які суттєво змінюють можливості у задоволенні потреб в текстильних матеріалах різного цільового призначення. Цілеспрямована модифікація традиційних видів хімічних волокон призводить до того, що за своїми гігієнічними і експлуатаційними властивостями синтетичні волокна наближаються до природних. Сучасний ринковий принцип створення текстильних виробів базується на наступному ланцюгу: виріб певного функціонального призначення → текстильний матеріал (його структура) → волокна (необхідний волокнистий склад) [2, 3]. Причому, на кожному з цих етапів є технологічна можливість застосовувати текстильно-допоміжні речовини для функціоналізації матеріалів. Застосування таких підходів до створення і виробництва текстильної продукції дозволяє підвищити ступінь корисного використання допоміжних препаратів, покращити якість готових текстильних матеріалів, сприяє розвитку і удосконаленню технологій одержання волокон із заданим комплексом властивостей і високими якісними експлуатаційними показниками.

Тому, враховуючи темпи зростання виробництва синтетичних волокон і підвищення експлуатаційних, гігієнічних, естетичних вимог до текстильних виробів у споживачів, актуальним завданням є розвиток і застосування способів функціоналізації матеріалів для збільшення їх конкурентоспроможності на ринку текстилю.

Постановка завдання дослідження

Для зміни, регулювання і оптимізації властивостей текстильних матеріалів використовують різні методи фізичної і хімічної модифікації волокон [2, 4, 5]. З цією метою використовують препарати на основі поверхнево-активних речовин (ПАР), що дозволяє регулювати и надавати нові функціональні властивості текстильним матеріалам.

Хімічні волокна характеризуються малою гігроскопічністю і електропровідністю і здатні накопичувати статичну електрику, яка виникає в процесах механічної переробки волокон або під час носіння готових виробів. Виникнення електричних зарядів на поверхні текстильних матеріалів є результатом різних видів взаємодій: електричних, хімічних, механічних. Електростатичні заряди, які накопичуються на волокнах, ускладнюють їх переробку, сприяють швидкому забрудненню, можуть бути причиною вибухів, пожеж, ураження електрострумом, хвороб людини. Здатність накопичувати статичну електрику залежить від природи волокон, їх поверхневої провідності і гігроскопічності, вологості повітря, оскільки при цьому можлива не тільки адсорбція, але і капілярна конденсація пари води, що призводить до

іонізації деяких груп на поверхні волокон [6–8].

При використанні ПАР можливо два механізми антиелектростатичної дії: блокування (або ізоляція) електронодонорних або електроакцепторних груп і створення електропровідного шару [6]. Більш ефективним буде антистатичний ефект при блокуванні електронодонорних груп. З іншого боку, ізоляція лише електронодонорних груп повинна збільшувати поверхневу провідність, оскільки полегшується перехід електронів від однієї акцепторної групи до другої в результаті екранування електронегативних (донорних) груп. Тому більш ефективними антистатиками повинні бути катіонні ПАР (КПАР), які блокують електронегативні групи. Оптимальним повинна бути така кількість адсорбованої з водного розчину ПАР, яка відповідає утворенню бімолекулярного шару: перший шар молекул КПАР екранує електронодонорні групи, а другий – створює провідний шар здатних до асоціації груп. Для аніонних (АПАР) і неіоногенних ПАР (НПАР) оптимальним повинен бути мономолекулярний шар.

В зв'язку з перспективністю застосування ПАР для поверхневої модифікації волокон метою наукової роботи стало дослідження процесу адсорбції ПАР на синтетичних текстильних матеріалах і зміни їх капілярних, гігроскопічних, антистатичних властивостей.

Об'єкти та методи дослідження

В дослідженні використовували білі поліефірні (ПЕ) і поліамідні (ПА) тканини.

Для обробки синтетичних тканин застосовували водні розчини ПАР: катіонактивні вирівнювач А і барвמיד 2К, і неіоногенні омеро-16 і ОС-20. Нові українські ПАР барвמיד 2К і омеро-16 виготовляються на основі відтворюваних ресурсів (рослинних олій) і характеризуються ступенем біорозкладу вище 80%.

Вирівнювач А – це четвертинна амонійна сіль диетиламінометильних похідних поліетиленгліколевих етерів ізookтилфенолів, з алкільним радикалом в основному $R=C_8H_{17}$ і ступенем оксіетилювання $m=10$. Барвמיד 2К (ТУ У24.1-32257423-118:2005) – це оцтовокисла сіль продукту взаємодії кубового залишку β -оксіетилендіаміну та вищих жирних кислот кокосової олії.

Омеро-16 (ТУ У24.6-33781676-016:2008) – це оксіетилювані метилові естери вищих жирних кислот ріпакової олії $R=C_{17}-C_{21}$ із ступенем оксіетилювання $m=16$. ОС-20 – моноалкілові етери поліетиленгліколя на основі первинних жирних спиртів, де $R=C_{18}H_{37}$ і $m=20$.

Для дослідження адсорбції ПЕ і ПА тканини просочували розчинами ПАР різною концентрацією при температурі $20^\circ C$ протягом 2 год. Кількість ПАР у водних розчинах до і після адсорбції визначали фотометричним методом. Після обробки визначали гігроскопічність, капілярність тканин, їх поверхневий електричний опір за стандартними методиками.

Поверхневий натяг розчинів ПАР визначали методом Ребіндера. Критичну концентрацію міцелоутворення (ККМ) встановлювали за ізотермою поверхневого натягу і зміною показника заломлення водних розчинів ПАР. Змочувальну здатність оцінювали за крайовими кутами змочування парафінової поверхні розчинами ПАР.

Результати дослідження та їх обговорення

Дослідження фізико-хімічних властивостей нових ПАР: неіоногенної омеро-16 і катіонактивної барвמיד 2К – свідчить про те, що ці ПАР мають низьке значення ККМ, високу поверхневу активність і змочувальну здатність (рис. 1). При цьому на ізотермі поверхневого натягу барвмиду спостерігається друга ККМ (KKM_2), що пов'язано з особливостями хімічної структури молекул КПАР і можливістю трансформації їх міцел при збільшенні концентрації в розчині до 0,5 г/л. Досліджені ПАР характеризуються низькою піноутворювальною здатністю, що важливо при їх застосуванні в автоматичних пральних машинах. Результати визначення крайового кута змочування показують, що на початковому етапі змочування омеро-16 веде себе як типовий змочувач, але у рівноважному стані постійний кут змочування встановлюється при низьких концентраціях 0,2-0,4 г/л.

Розміри посадочної площі молекули барвмиду на порядок менше, ніж у інших досліджуваних ПАР, що пояснюється хімічним складом і довжиною алкільних ланцюгів карбонових кислот, що входять до складу кокосової олії (в основному, лауринової і мірїстінової кислот). До складу ріпакової олії входять переважно ерукова, олеїнова, лінолева, ліноленова кислоти, тому і молекули їх естерів мають більші розміри. Крім того, омеро-16 має достатньо високий ступінь оксіетилювання, що також впливає на геометрію молекул і міцел цієї НПАР.

Для встановлення закономірностей процесу адсорбції досліджуваних ПАР на синтетичних тканинах будували ізотерми адсорбції в координатах маса адсорбованої ПАР Γ (мг/г тканини) – концентрація ПАР у вихідному розчині C (г/л), а також в логарифмічних координатах, приклади яких наведено на рис. 2, 3.

Дослідження показали, що ізотерми адсорбції вирівнювача А і барвмиду 2К на ПЕ волокнах описуються ізотермою типу L3 за класифікацією Гіллса, а ізотерми адсорбції цих КПАР ПА волокнами відповідають типу L4 [9], тобто ці ізотерми належать до класу Ленгмюра (рис. 2а), що пов'язано з формуванням бішарів з молекул КПАР на поверхні волокон і утворенням між ними електростатичних і водневих зв'язків [10]. Відмінності в процесі адсорбції КПАР різними текстильними матеріалами пов'язано з особливостями хімічної і морфологічної структури волокон, формою і характером їх поверхні, наявності на ній полярних груп, гетерогенністю волокон по перерізу, капілярно-пористою структурою. Ділянки на графіках ізотерми адсорбції КПАР ПА волокнами, побудованими в логарифмічних координатах (рис. 3) відповідають адсорбції молекул КПАР і утворенню на поверхні волокон моно- і бішарів з їх молекул.

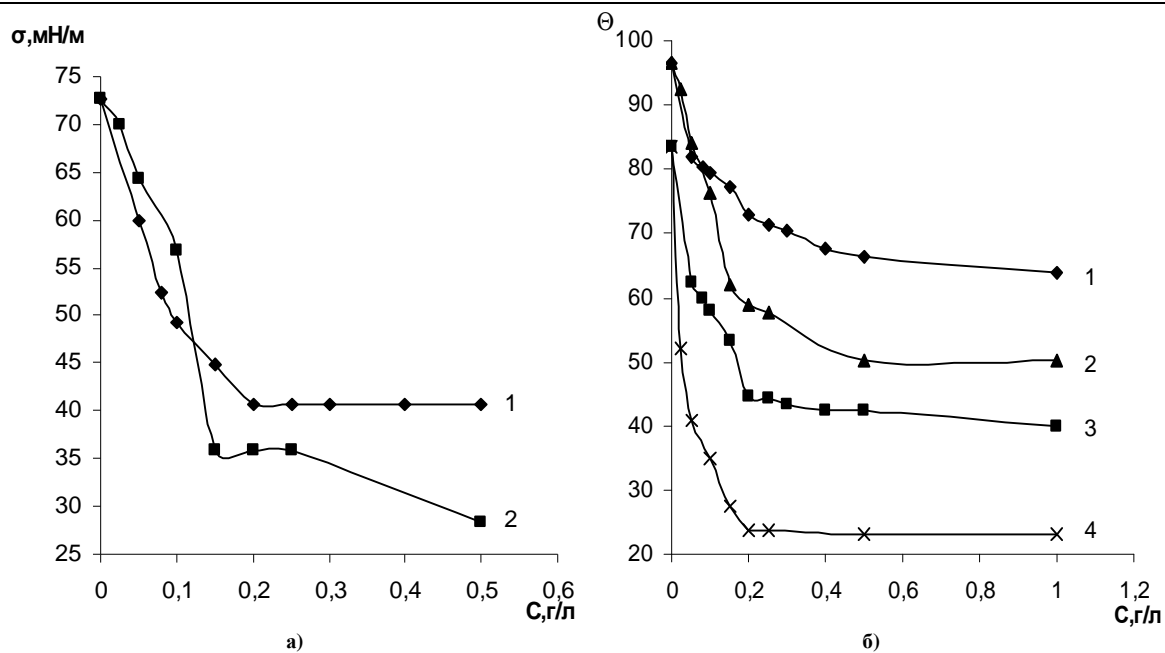


Рис. 1. Ізотерми поверхневого натягу водних розчинів ПАР (а): 1 – омеро-16, 2 – барвамід 2К; і залежність крайового кута змочування парафінової поверхні (б): 1 і 2 – початкові кути змочування відповідно омеро-16 і барвамідом 2К, 3 і 4 – рівноважні кути змочування відповідно омеро-16 і барвамідом 2К

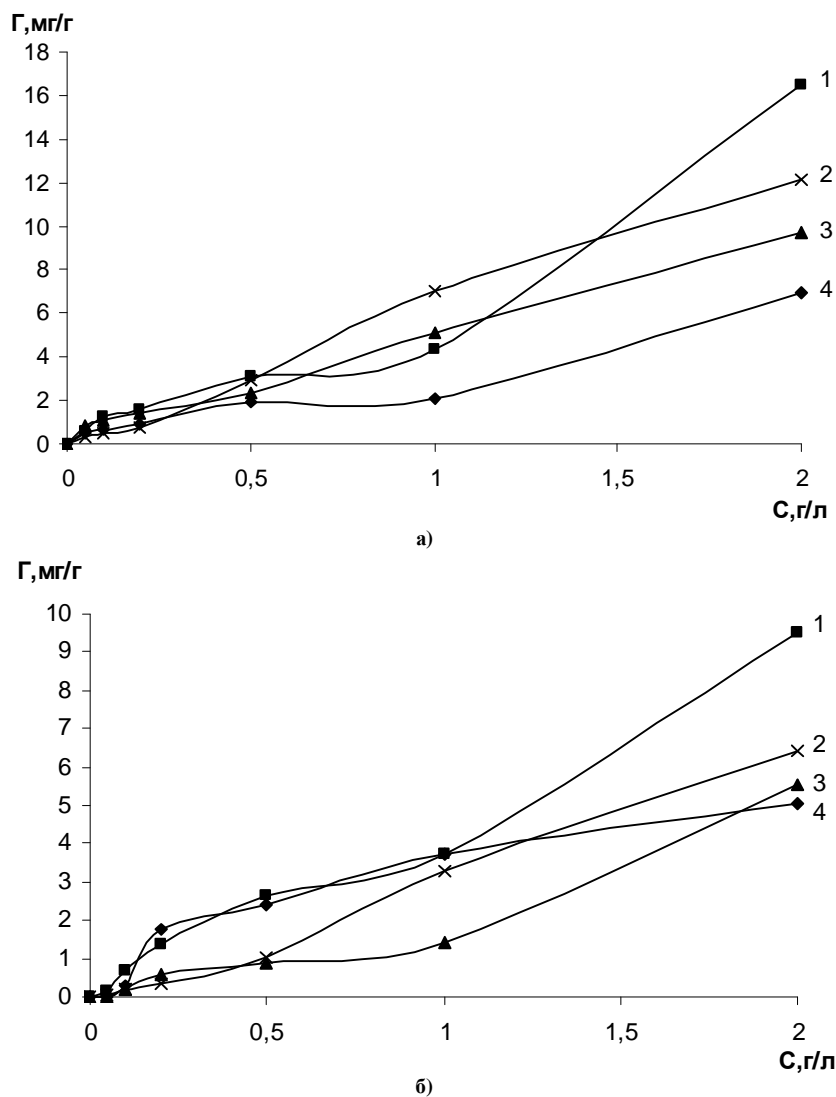


Рис. 2. Ізотерми адсорбції КПАР (а) і НПАР (б) ПА і ПЕ тканинами: а) 1 і 2 – адсорбція барвамиду 2К відповідно ПА і ПЕ тканинами, 3 і 4 – адсорбція вирівнювача А відповідно ПЕ і ПА тканинами; б) 1 і 2 – адсорбція ОС-20 відповідно ПА і ПЕ тканинами, 3 і 4 – адсорбція омеро-16 відповідно ПЕ і ПА тканинами

Відповідно до моделі подвійного електричного шару, запропонованого Гремом [9], адсорбцію КПАР на негативно зарядженій поверхні текстильних матеріалів можна розглядати як особливий випадок специфічної адсорбції. Вважають, що іонні головні групи локалізуються у внутрішній площині Гельмгольца (область ІНР). При низьких степенях заповнення внутрішня і зовнішня (ОНР або площина Штерна) площини співпадають. При цьому густина заряду на межі розділу цих площин відноситься до зарядів, розташованих на ОНР, в той час, як загальна густина заряду на площині ОНР і за нею відноситься до дифузного шару за цією площиною.

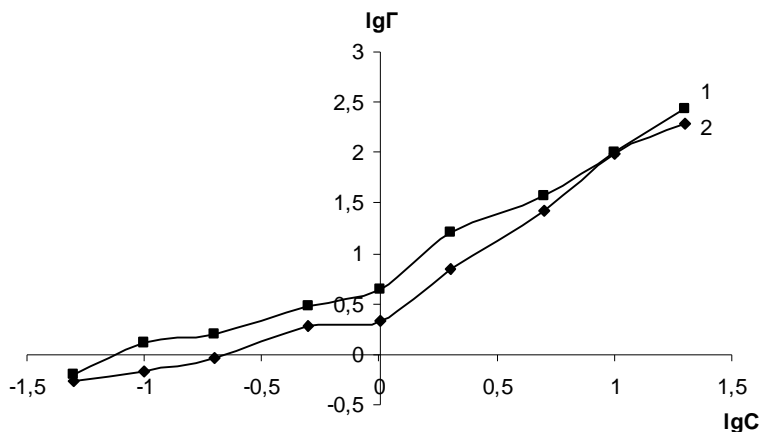


Рис. 3. Ізотерми адсорбції КПАР ПА тканинами в логарифмічних координатах: 1 – барвмід 2К, 2 – вирівнювач А

Дослідження адсорбції НПАР (ОС-20 і омеро-16) на синтетичних тканинах свідчить про те, що ізотерми адсорбції в межах досліджуваних концентрацій можна віднести до S3 класу (рис. 2б) з утворенням моношару молекул ПАР, хоча можливо, що після ККМ відбувається адсорбція міцел НПАР з утворенням на поверхні волокон геміміцел. Адсорбція обумовлена Ван-дер-ваальсовою (в основному, дисперсійною) взаємодією між гідрофобними ланцюгами НПАР і поверхнею ПА і ПЕ волокон. На ізотермах адсорбції НПАР на ПА і ПЕ волокнах в логарифмічних координатах спостерігається тільки одна точка злому, яка відповідає завершенню повного заповнення поверхні волокон молекулами і геміміцелами НПАР.

Для визначення ефективності обробки синтетичних текстильних матеріалів розчинами ПАР з метою гідрофілізації їх поверхні досліджували капілярність і гігроскопічність оброблених ПА і ПЕ тканин.

Для того, щоб нівелювати можливий вплив текстильно-допоміжних речовин на результати визначення капілярних властивостей матеріалів, ПА і ПЕ тканини в усіх дослідженнях підлягали попередньому промиванню водою.

Для ПА і ПЕ тканин, оброблених в розчинах катіонних і неіоногенних ПАР концентраціями 0,05–20 г/л, визначали висоту капілярного підняття розчину калій біхромату за ГОСТ 3816-81. Окремі результати цього дослідження, які наведено в табл. 3 і на рис. 4, свідчать про те, що обробка КПАР ПА і ПЕ тканин сприяє підвищенню їх гідрофільності, що виражається у покращенні їх змочувальності водними розчинами і суттєвому збільшенню капілярності за рахунок присутності на матеріалах адсорбованих КПАР.

Обробка ПЕ матеріалів розчинами омеро-16 концентраціями 0,05-0,2 г/л не змінює їх капілярності і гідрофільності, оскільки попередні результати свідчать про відсутність адсорбції цієї НПАР на ПЕ тканинах.

Але після обробки ПЕ тканин розчинами омеро-16 з концентраціями вище ККМ (0,2 г/л) капілярні властивості зразків різко зростають і значення висоти капілярного підняття розчинів знаходяться на одному рівні з тканинами, які оброблені КПАР і ОС-20. Зменшення швидкості просочування ПЕ тканин розчином калій біхромату відбувається після 5 хв. їх контакту.

Для омеро-16 характерно практичне миттєве встановлення рівноважного стану змочування і просочування водним розчином калій біхромату при концентраціях вище ККМ, що пов'язано з покриттям поверхні волокон завершеного шару геміміцел.

Після обробки тканин ОС-20 вони характеризуються більшою капілярністю, ніж зразки, оброблені омеро-16.

Для ПА тканин спостерігаються менш виражені зміни капілярності, ніж для ПЕ, що може бути пов'язано з відмінностями в структурі і товщині досліджуваних тканин.

На початковому етапі просочування більше зростає капілярність ПА тканин, оброблених барвмідом 2К при низьких концентраціях в розчині, але після 5 хв контакту з розчином калій біхромату більша гідрофільність спостерігається у ПА тканин, оброблених розчинами вирівнювача А з високими концентраціями (вище 0,5 г/л). В цілому ПА тканини за своєю гідрофільністю і капілярністю мало розрізняються після обробок розчинами вирівнювача А і барвміду 2К.

У ПА тканин, як і у ПЕ, різке зростання капілярності відбувається після їх обробки в розчинах з концентрацією, яка відповідає ККМ омеро-16.

На відміну від ПЕ тканин, у ПА матеріалів підвищується їх гідрофільність після обробок розчинами омеро-16 концентрацією вище його ККМ 0,2 г/л, але при більш високих концентраціях 2–20 г/л вона

практично не змінюється.

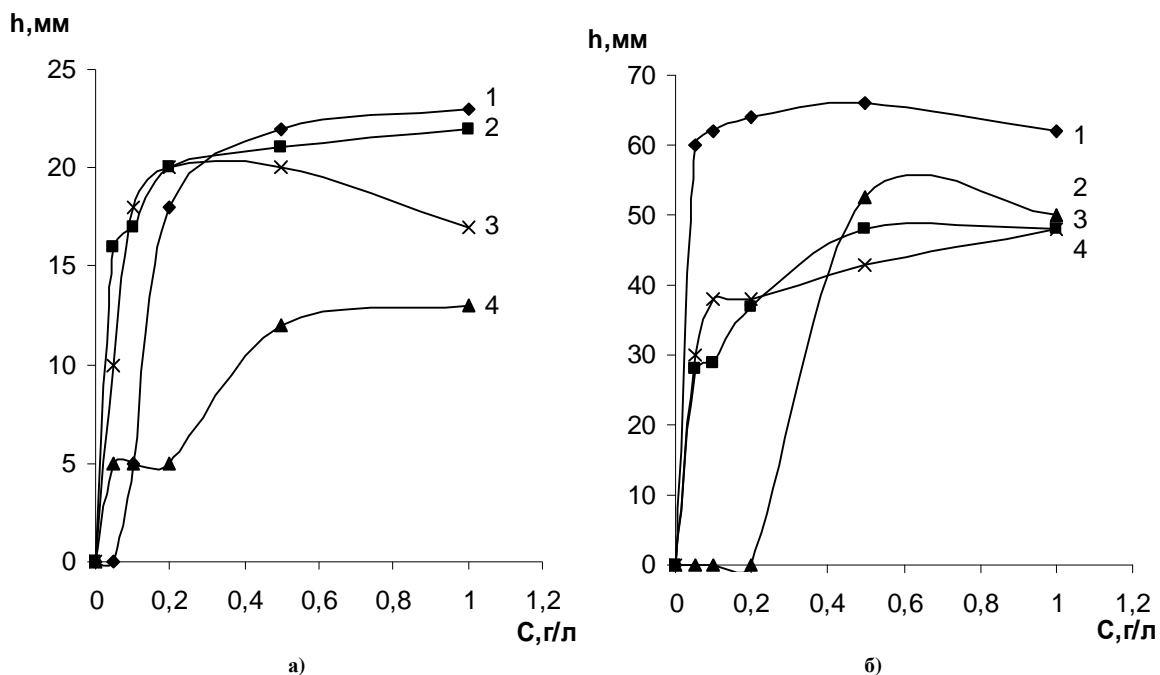


Рис. 4. Залежність каплярності ПА (а) і ПЕ (б) тканин після 2 хв контакту з розчином калій біхромату від концентрації ПАР в розчині: а) 1 – вирівнювач А, 2 – барвямід 2К, 3 – ОС-20; 4 – омеро-16; б) 1 – вирівнювач А, 2 – омеро-16, 3 – барвямід 2К, 4 – ОС-20

Дослідження показали, що необроблені ПА і ПЕ тканини характеризуються дуже низькою гігроскопічністю за рахунок своєї високої гідрофобності: відповідно 0,37 і 0,52 % (табл. 2). Обробка синтетичних тканин розчинами катіонних і неіоногенних ПАР не призвело до суттєвого підвищення їх гігроскопічності, помітне зростання гігроскопічності в 2-3 рази спостерігається після обробки розчинами ПАР концентраціями більше ККМ. Найбільший вплив на зміну гігроскопічності ПА і ПЕ тканин має обробка розчинами вирівнювача А.

Таблиця 2

Гігроскопічність (%) ПА і ПЕ тканин, оброблених розчинами ПАР

Тканина ПАР	Концентрація ПАР, г/л				
	0,2	0,5	1	2	20
ПА					
Вирівнювач А	0,59	0,65	0,97	0,99	1,65
Барвямід 2К	0,84	0,86	1,04	1,15	1,23
Омеро-16	0,57	0,58	0,55	0,57	0,79
ОС-20	0,54	0,55	0,60	0,61	0,80
ПЕ					
Вирівнювач А	0,53	0,73	0,73	0,78	2,28
Барвямід 2К	0,68	0,76	0,82	0,85	0,91
Омеро-16	0,71	0,76	0,74	0,77	1,70
ОС-20	0,58	0,60	0,62	0,68	1,03

З метою оцінки ефективності ПАР як антистатиків визначали питомий поверхневий опір ПА і ПЕ тканин, оброблених водними розчинами катіонактивними і неіоногенними ПАР, за ГОСТ 19616-74 (табл. 3).

Результати дослідження свідчать про те, що після обробки синтетичних матеріалів розчинами КПАР електричний опір тканин знижується сильніше, ніж після обробки НПАР. Хоча при високих концентраціях (більше 5 г/л) обробка омеро-16 сприяє значному підвищенню електропровідності ПА і ПЕ тканин. Найбільший антистатичний ефект спостерігається у ПА тканин, які оброблені розчинами вирівнювача А і барвяміду 2К, і ПЕ тканин, обробленими розчинами омеро-16, при концентраціях у ванні 10-20 г/л: питомий опір цих тканин зменшується в 1000-1500 разів порівняно з необробленими зразками.

В межах робочих концентрацій, які застосовуються в різних технологічних процесах 1-2 г/л, найбільшу антистатичну дію має барвямід 2К.

В цілому можна зробити висновок, що всі досліджувані ПАР мають високу антистатичну дію, оскільки після обробки питомий поверхневий опір синтетичних тканин знижується до 10^9 - 10^{10} Ом. Це свідчить про ефективність застосування досліджених КПАР і НПАР для підвищення гідрофільності,

Таблиця 3

Питомий поверхневий опір тканин R_z (Ом), оброблених розчинами ПАР

С, г/л	ПА тканини				ПЕ тканини			
	Вирівнювач	Барвямід	Омеро	ОС-20	Вирівнювач	Барвямід	Омеро	ОС-20
0	$1,80 \cdot 10^{12}$	$1,80 \cdot 10^{12}$	$1,80 \cdot 10^{12}$	$1,80 \cdot 10^{12}$	$1,92 \cdot 10^{12}$	$1,92 \cdot 10^{12}$	$1,92 \cdot 10^{12}$	$1,92 \cdot 10^{12}$
0,05	$7,64 \cdot 10^{11}$	$1,94 \cdot 10^{11}$	$5,83 \cdot 10^{11}$	$5,56 \cdot 10^{11}$	$1,67 \cdot 10^{12}$	$5,00 \cdot 10^{11}$	$5,09 \cdot 10^{11}$	$5,46 \cdot 10^{11}$
0,1	$7,45 \cdot 10^{11}$	$1,85 \cdot 10^{10}$	$6,02 \cdot 10^{11}$	$5,32 \cdot 10^{11}$	$1,02 \cdot 10^{12}$	$4,44 \cdot 10^{11}$	$6,48 \cdot 10^{11}$	$5,32 \cdot 10^{11}$
0,2	$6,02 \cdot 10^{11}$	$1,39 \cdot 10^{10}$	$6,94 \cdot 10^{11}$	$5,09 \cdot 10^{11}$	$3,24 \cdot 10^{11}$	$6,30 \cdot 10^{10}$	$4,91 \cdot 10^{11}$	$4,63 \cdot 10^{11}$
0,5	$7,06 \cdot 10^{10}$	$1,81 \cdot 10^{10}$	$5,56 \cdot 10^{11}$	$4,91 \cdot 10^{11}$	$1,11 \cdot 10^{11}$	$3,89 \cdot 10^{10}$	$4,63 \cdot 10^{11}$	$4,40 \cdot 10^{11}$
1	$6,48 \cdot 10^{10}$	$1,85 \cdot 10^{10}$	$4,63 \cdot 10^{11}$	$2,55 \cdot 10^{11}$	$4,35 \cdot 10^{10}$	$3,24 \cdot 10^{10}$	$2,04 \cdot 10^{11}$	$3,43 \cdot 10^{11}$
2	$6,48 \cdot 10^{10}$	$1,57 \cdot 10^9$	$3,24 \cdot 10^{10}$	$2,04 \cdot 10^{11}$	$3,80 \cdot 10^{10}$	$1,85 \cdot 10^{10}$	$4,63 \cdot 10^{10}$	$2,27 \cdot 10^{11}$
5	$4,17 \cdot 10^{10}$	$1,11 \cdot 10^9$	$2,59 \cdot 10^{10}$	$6,06 \cdot 10^{10}$	$2,87 \cdot 10^{10}$	$1,16 \cdot 10^{10}$	$1,11 \cdot 10^{10}$	$1,85 \cdot 10^{11}$
10	$1,85 \cdot 10^9$	$1,16 \cdot 10^9$	$4,17 \cdot 10^9$	$3,01 \cdot 10^{10}$	$2,59 \cdot 10^{10}$	$3,24 \cdot 10^9$	$1,34 \cdot 10^9$	$4,63 \cdot 10^{10}$
20	$1,18 \cdot 10^9$	$1,16 \cdot 10^9$	$1,85 \cdot 10^9$	$1,67 \cdot 10^{10}$	$2,31 \cdot 10^9$	$2,41 \cdot 10^9$	$1,16 \cdot 10^9$	$3,24 \cdot 10^{10}$

Висновки

Дослідження показали, що нові українські ПАР мають високу поверхневу активність і змочувальну здатність, низьку ККМ, що дає можливість використовувати їх в композиціях для обробки текстильних матеріалів в різних технологічних процесах. Адсорбція молекул ПАР і утворення моно- і бішарів на поверхні синтетичних волокон призводить до зміни їх гідрофільності, що виражається в покращенні їх капілярності, гігроскопічності, антистатичних властивостей, і в цілому позитивно впливає на гігієнічні характеристики матеріалів і комфортність одягу з них.

Література

1. Склянников В.П. Гигиеническая оценка материалов для одежды (Теоретические основы разработки) / Склянников В.П., Афанасьева Р.Ф., Машкова Е.Н. – М. : Легпромбытиздат, 1985. – 144 с.
2. Перепелкин К.Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности / К.Е. Перепелкин // Рос. хим. ж. – 2002. – Т. XLVI. – № 1. – С. 31–48.
3. Кричевский Г.Е. Роль химии в производстве текстиля. Эволюция и революция в текстильной химии / К.Е. Кричевский // Рос. хим. ж. – 2002. – Т. XLVI. – № 1. – С. 5–8.
4. Перепелкин К.Е. Модификация волокон и текстиля [Электронный ресурс] / К. Е. Перепелкин. – Режим доступа : \www/ URL: <http://www.textile-press.ru> – 10.01.2011 р. – Назва з екрана.
5. Волков В.А. Поверхностно-активные вещества. Применение для производства и модификации текстильных материалов: [Электронна книга eBook] / В.А. Волков. – Режим доступа : <http://e-science.sources.ru>
6. Агеев А.А. Поверхностные явления и дисперсные системы в производстве текстильных материалов и химических волокон / А.А. Агеев, В.А. Волков. – М. : МГТУ, 2004. – 464 с.
7. Серебрякова З.Г. Поверхностно-активные вещества в производстве искусственных волокон / Серебрякова З.Г. – М. : Химия, 1986. – 192 с.
8. Гефтер П.Л. Электростатические явления в процессах переработки химических волокон / Гефтер П.Л. – М. : Легпромбытиздат, 1989. – 272 с.
9. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел / Под ред. Г. Парфита, К. Рочестера ; [пер. с англ.]. – М. : Мир, 1986. – 488 с.
10. Карван С.А. Теоретичні основи поверхневої модифікації синтетичних текстильних матеріалів / С.А. Карван, О.Г. Бойко, Г.Т. Бубенщикова // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2011. – № 2 / 6 (50). – С. 9 – 14.

Рецензент: д.т.н. Либа В.П.
Надійшла 15.2.2012 р.