

Визначено закономірності і механізм адсорбції катіонних і неіоногенних поверхнево-активних речовин на поліамідних і поліефірних тканинах з метою модифікації їх поверхні. Досліджено конфігурації молекул ПАР та можливості їх розташування в адсорбційному шарі

Ключові слова: модифікація, поверхнево-активні речовини, адсорбція

Определены закономерности и механизм адсорбции катионных и неионогенных поверхностно-активных веществ на полиамидных и полиэфирных тканях с целью модификации их поверхности. Исследованы конфигурации молекул ПАВ и возможности их расположения в адсорбционном слое

Ключевые слова: модификация, поверхностно-активные вещества, адсорбция

The regularities and mechanism of adsorption of cationic and nonionic surfactants on polyamide and polyester fabrics are determined for the aim of modification of their surface. The configuration of surfactant molecules and their possible location in the adsorption layer are investigated

Key words: modification, surfactant, adsorption

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОВЕРХНЕВОЇ МОДИФІКАЦІЇ СИНТЕТИЧНИХ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

С. А. Карван

Кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: 067-927-06-48

E-mail: karvan@ukr.net

О. Г. Бойко

Викладач*

Контактний тел.: 097-456-29-99

Г. Т. Бубенщикова

Кандидат технічних наук, доцент*

Контактний тел.: 063-414-78-93

*Кафедра хімії

Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

1. Вступ

Виробництво хімічних волокон є однією з найважливіших галузей світової промисловості. Вони забезпечують потребу людини в одязі, предметах інтер'єру, спортивних і медичних виробах, виробах технічного призначення. Серед усіх видів хімічних волокон за об'ємом виробництва лідирують поліефірні (ПЕ) волокна: приблизно 60% від випуску всіх основних видів синтетичних волокон або 30% від випуску всіх волокон. Далі за об'ємом виробництва слідує поліамідні (ПА), поліпропіленові і поліакрилонітрильні волокна, на частку яких припадає відповідно 13,1, 8,9 і 8,0% від випуску всіх волокон [1].

Швидкому зростанню виробництва хімічних волокон сприяють їх високі характеристики (порівняно з природними волокнами): значно більша міцність і еластичність, стійкість до тертя і зминання, відсутність усадки та інші корисні властивості, які дозволили розширити області їх використання. Але хімічні, зокрема синтетичні, волокна мають деякі недоліки: високі гідрофобні і низькі сорбційні властивості, жорсткість, недостатню волого- і повітряпередачу та хімічну стабільність, здатність до сильної електризації, що негативно позначається на фізико-гігієнічних властивостях матеріалів для одягу.

Цілеспрямована модифікація хімічних волокон дозволяє наблизити гігієнічні і експлуатаційні властивості синтетичних волокон до природних. Засто-

сування нових підходів до створення і виробництва текстильної продукції обумовлює постановку науково-технічних завдань одержання волокон з заданим комплексом властивостей і високими якісними експлуатаційними показниками, оптимізація процесів переробки і раціонального використання волокон.

2. Постановка проблеми і завдання дослідження

Одна з найпоширеніших технологій зміни, регулювання і оптимізації властивостей текстильних матеріалів пов'язана з їх модифікацією. Модифікування волокон є найбільш простим і перспективним шляхом регулювання їх властивостей. Методи модифікації волокон можна поділити на наступні групи [1-3]:

1). Фізичні методи модифікації пов'язані із зміною надмолекулярної будови або зовнішньої форми і поверхні волокон, але без зміни хімічного складу. Вони, як правило, застосовуються на стадії формування або подальших обробок волокон.

2). Хімічні методи базуються на зміні хімічної будови шляхом сополімеризації при одержанні вихідного волокноутворюючого полімеру або шляхом введення нових функціональних груп при обробці вже сформованих волокон, текстильних полотен і виробів.

3). Композитні, або методи змішування, при застосуванні яких до основного полімеру додають певні компоненти – носії нових властивостей; добавки вводяться на стадії підготовки до формування розплаву (розчину) або в процесі формування.

З методів модифікації матеріалів особливої уваги заслуговують способи фізичної (адсорбційної) модифікації поверхні волокон, тканин або готових виробів. Така обробка текстильних матеріалів може проводитися на останній заключній стадії технології їх виготовлення – заключне опорядження або апретування, що дозволяє одержати готові матеріали з комплексом необхідних споживчих властивостей: зносостійкістю (до механо-, термо-, хемо-, фото-, біодеструкції), формостійкістю, гідрофільністю, водо-, брудо-, масловідштовхуванням, зниженою горючістю та ін. Для цього застосовують текстильно-допоміжні речовини (ТДР), спеціальні препарати – апрети, присутність яких на текстильних матеріалах вже у кількості 1-5% призводить до зміни їх властивостей або надання специфічних властивостей. При цьому залежно від складів апретів можна одержати тимчасовий ефект або тривалий і стійкий до прання, хімічної чистки у випадку реалізації різних способів фіксації препаратів на волокнах.

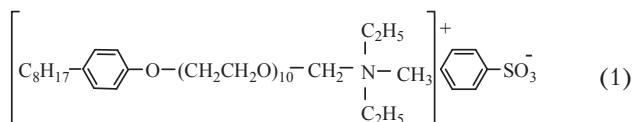
Для надання тканинам нових функціональних властивостей використовують дві групи препаратів на основі ПАР. Перша група препаратів містить речовини, які є носієм корисних властивостей, і адсорбуються волокнами, - це зовнішні модифікатори. До другої групи належать препарати, які модифікують хімічну структуру волокон, які після обробки стають носіями корисних властивостей, - це внутрішні модифікатори [4]. Другий спосіб модифікації дозволяє одержати більш тривалий ефект, але не може застосовуватися при відновленні споживчих властивостей готових текстильних виробів. Тому частіше застосовують адсорбційні способи модифікації поверхневих властивостей матеріалів за допомогою ПАР, розчинних полімерів або їх дисперсій (латексів). Таким способом можна змінити властивості поверхні волокон *in situ* та впливати на процеси, які протікають на межі розділу фаз.

В зв'язку з актуальністю і перспективністю застосування поверхневої модифікації волокон метою роботи стало дослідження закономірностей процесу адсорбції ПАР на синтетичних текстильних матеріалах для регулювання їх властивостей: гідрофільних, капілярних, антистатичних.

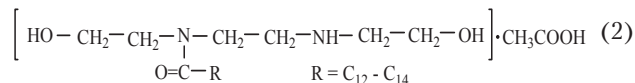
3. Об'єкти та методи дослідження

Для обробки синтетичних (ПЕ і ПА) тканин застосовували водні розчини ПАР: катіоактивні вирівнювач А і барвямід 2К, і неіоногенні омеро-16 і ОС-20.

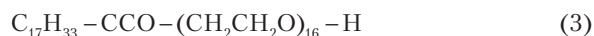
Вирівнювач А – це четвертинна амонійна сіль диетиламінометильних похідних поліетиленгліколевих етерів ізookтилфенолів, з алкільним радикалом в основному $R=C_8H_{17}$ і ступенем оксіетилювання $m=10$.



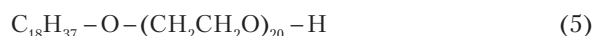
Барвямід 2К (ТУ У24.1-32257423-118:2005) – це оцтовокисла сіль продукту взаємодії кубового залишку β-оксіетилетилендіаміну та вищих жирних кислот кокосової олії (2).



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 – моноалкільові етери поліетиленгліколя на основі первинних жирних спиртів, де $R=C_{18}H_{37}$ і $m=20$.



Нові українські ПАР барвямід 2К і омеро-16 виготовляються на основі відтворюваних ресурсів (рослинних олій) і характеризуються ступенем біорозкладу вище 80%.

Для дослідження адсорбції ПЕ і ПА тканини просочували розчинами ПАР різною концентрацією при температурі 20°C протягом 2 год. Кількість ПАР у водних розчинах до і після адсорбції визначали фотометричним методом.

4. Результати дослідження та їх обговорення

Адсорбція ПАР з водних і неводних розчинів лежить в основі поверхневого модифікування волокон з метою надання їм спеціальних властивостей, наприклад, гідрофільних або гідрофобних, грає суттєву роль в мийних процесах, при диспергуванні, фарбуванні та ін.

Адсорбція ПАР залежить від багатьох факторів: властивостей поверхні (її морфології, полярності, пористості); властивостей ПАР (хімічної природи, структури, розчинності в певному розчиннику, гідрофільно-ліпофільного балансу); властивостей розчинника (хімічної природи, полярності); взаємодії ПАР з поверхнею і розчинником; будови адсорбційного шару; температури.

Перш за все на адсорбцію і взаємодію ПАР з волокнами впливає хімічна будова і структура їх молекул. Геометрична форма молекул (одна з ймовірних конфігурацій) деяких ПАР (барвяміда 2К та омеро-16) у водному розчині з концентрацією ПАР меншою за ККМ представлена на рис. 1.

Внаслідок теплового руху молекул ПАР та води просторова конформація молекул ПАР постійно змінюється внаслідок можливості обертання груп навколо одинарних σ-зв'язків. Молекули ПАР з довгим гідрофобним вуглеводневим ланцюгом та з гідрофільним поліоксіетиленовим ланцюгом у водному розчині можуть мати глобулярну частину з вуглевод-

невого радикала, оскільки при цьому зменшується площа контакту гідрофобної частини ПАР з полярним розчинником (водою).

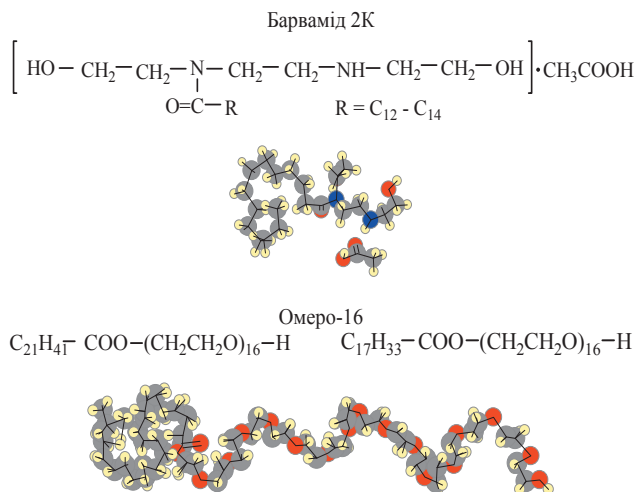


Рис. 1. Геометрична форма молекул ПАР у водному розчині

Така форма гідрофобної частини ПАР у водному розчині є термодинамічно вигідною, оскільки призводить до зменшення структурованості води і зростання ентропії [5].

Гідрофільний поліоксіетиленовий ланцюг стабілізується певно орієнтованими молекулами води і набуває меандрової форми [6]. Можливе також й скручування поліоксіетиленового ланцюга навколо гідрофобної частини, що призведе до екранування гідрофобної частини ПАР від полярного розчинника [5].

Було встановлено [7], що гідрофобний ефект є головною рушійною силою адсорбції ПАР у більшості випадків. Наприклад, взаємодія ПАР з гідрофобною поверхнею грає невелику роль, оскільки молекули ПАР адсорбуються на гідрофобних поверхнях за рахунок утворення контактів гідрофобних ділянок молекул з поверхнею, а гідрофільні групи залишаються в контакті з розчином (рис. 2, IV, 1, 2).

На сильно полярній поверхні і при низьких концентраціях ПАР її молекули адсорбуються, орієнтуючись полярними групами до поверхні (рис. 2, IV, 3). При сильному притягуванні між полярною групою ПАР і поверхнею утворюється моношар, в якому гідрофільні групи ПАР контактують з поверхнею, а гідрофобні знаходяться в контакті з розчином (рис. 2, IV, 3). Така структура адсорбційного шару створює гідрофобну поверхню, яка спричиняє подальшу адсорбцію ПАР з утворенням на поверхні бішарів молекул ПАР (рис. 2, V, 4). Це реалізується при адсорбції заряджених ПАР на протилежно заряджених поверхнях, наприклад, КПАР на волокнах, поверхня яких заряджена негативно. Якщо адсорбція відбувається при високих концентраціях, а між полярними групами ПАР і поверхнею спостерігається притягування помірної сили, то на поверхні можуть виникати міцели або інші агрегати ПАР внаслідок більш сильного притягування між гідрофобними ча-

стинами молекул. Утворення агрегатів на поверхні контролюється балансом взаємодії полярних груп з поверхнею і гідрофобних радикалів ПАР між собою. Можливі різні способи об'єднання подібних адсорбованих ПАР з утворенням конденсованих агрегатів на поверхнях у вигляді напівміцел (геміміцел) (рис. 2, V, 5), надміцел і молекулярних паковок адсорбованих міцел [7,8].

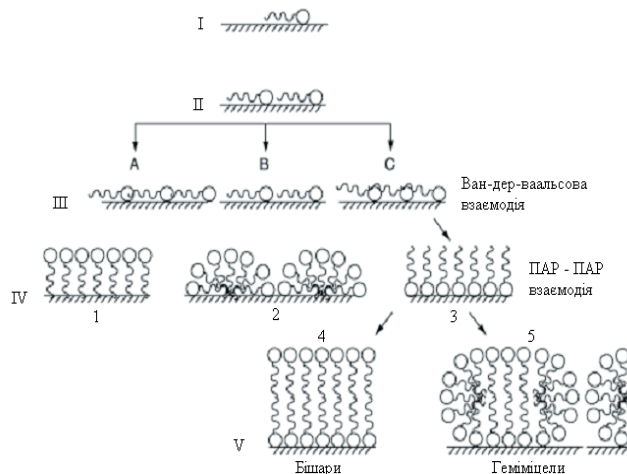


Рис. 2. Модель адсорбції ПАР на поверхні

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

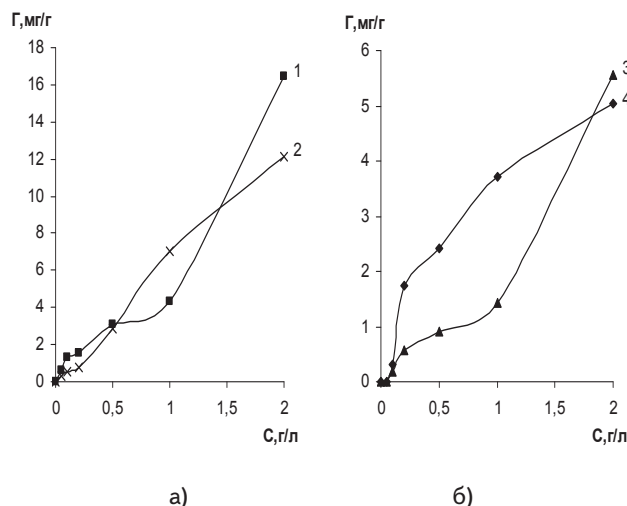


Рис. 3. Ізотерми адсорбції КПАР (а) і НПАР (б) ПА і ПЕ тканинами: 1 і 2 – адсорбція барвамиду 2К відповідно ПА і ПЕ тканинами, 3 і 4 – адсорбція омеро-16 відповідно ПЕ і ПА тканинам

Дослідження показали, що ізотерми адсорбції вивірнювача А і барвамиду 2К на ПЕ волокнах описуються ізотермою типу L3 за класифікацією Гілляса, а ізотерми адсорбції цих КПАР волокнами відповідають типу L4 [8], тобто ці ізотерми належать до класу Ленгмюра. На початковій ділянці ізотерми цього типу мають вигнуту форму відносно осі кон-

центрацій. В області концентрацій КПАР 0,1-0,2 г/л спостерігається поява I плато, що відповідає насиченню моношару молекул ПАР на поверхні волокон. Концентрація КПАР у розчині, при якій утворюється завершений моношар, близька до ККМ (ККМ у вирівнювача А складає 0,1 г/л, барвміду 2К – 0,15 г/л). При цьому, оскільки поверхня волокон має негативний заряд (електрокінетичний потенціал ПЕ волокон від -125 до -65 мВ, а ПА волокон до -60 мВ), то полярна позитивно заряджена частина КПАР орієнтується по напрямку до поверхні волокон, і вуглеводнева гідрофобна частина спрямована в розчин. При подальшій адсорбції КПАР відбувається формування другого шару на поверхні ПА волокон, молекули якого орієнтуються гідрофобними вуглецевими радикалами до вуглецевих радикалів першого шару, а полярні групи спрямовані у розчин. Така адсорбція буде сприяти підвищенню гідрофільності волокон. Формування бішару молекул КПАР на поверхні ПА волокон відповідає II плато в області концентрацій 0,5-1,0 г/л. ПА і ПЕ волокна адсорбують більшу кількість барвміду 2К, що пояснюється набагато меншими розмірами його молекул порівняно з вирівнювачем А.

ПА і ПЕ волокна взаємодіють з молекулами КПАР за рахунок електричної (кулонівської) взаємодії, що сприяє адсорбції при низьких ступенях заповнення поверхні. Але ПА волокна можуть вступати і у специфічну взаємодію з молекулами вирівнювача А і барвміду 2К, яка виражається у можливості утворення водневих зв'язків між полярними і функціональними групами на поверхні волокон і полярними групами КПАР (рис. 4). За рахунок цього бішари молекул КПАР утримуються сильніше на поверхні ПА волокон.

Молекули КПАР на ПЕ волокнах утримуються в основному Ван-дер-ваальсовими силами. В результаті того, що другий шар молекул ПАР сильніше зв'язаний з розчином, то після адсорбції ПЕ волокон на них залишається мономолекулярний шар КПАР, тому на ізотермах адсорбції з'являється тільки одне плато.

Може бути дві причини зростання величини адсорбції ПАР після ККМ і утворення мономолекулярного шару з її молекул:

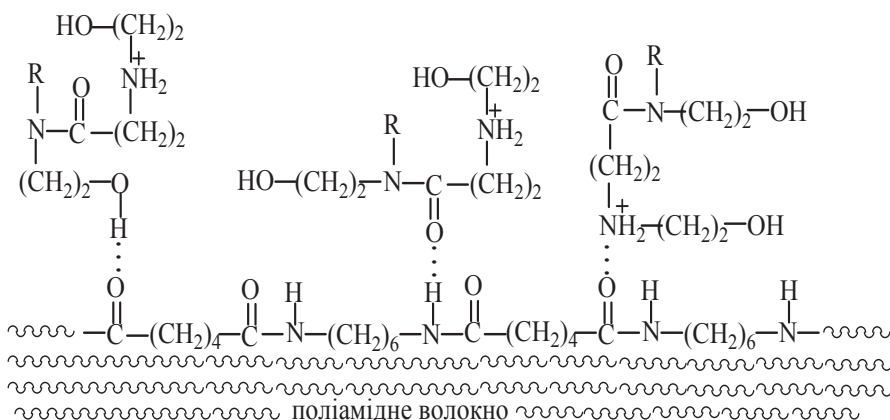


Рис. 4. Схема утворення зв'язків між полярними групами ПА волокон і барвміду 2К

1. При зростанні концентрації розчину може відбуватися асоціація молекул ПАР на поверхні матеріалу внаслідок взаємодії вуглеводневих ланцюгів тих молекул, що містяться в адсорбційному шарі, які зближені або упаковані з тією ж щільністю, що й молекули в об'ємній міцелі [9].

2. Текстильні матеріали представляють собою капілярно-пористі тверді тіла з розвинутою системою капілярів та пор, характеристики яких будуть впливати на внутрішньодифузійний механізм масоперенесення розчину ПАР у воді. Враховуючи достатньо великі розміри молекул і міцел ПАР можна передбачити, що розчин буде заповнювати макро- і мезопори матеріалу, питома поверхня яких складає відповідно 0,5-2 і 10-400 м²/г, внаслідок чого буде зростати концентрація ПАР в адсорбційному просторі волокон.

Негативний заряд поверхні волокон з одного боку і наявність на ній полярних груп з другого, обумовлюють можливість різних варіантів взаємодії волокон з ПАР, а також різноманітність орієнтації їх молекул на поверхні розділу розчин – волокно і утворення поверхневих агрегатів.

Адсорбція ПАР на твердій поверхні з водного розчину може бути розрахована за рівнянням, запропонованим Грэмом, яке є спрощеною формою рівняння Штерна – Ленгмюра [8]:

$$\Gamma = \tau \cdot C \cdot e^{\frac{-\Delta G_a^0}{RT}}, \tag{6}$$

де τ – товщина адсорбційного шару, C – концентрація ПАР у вихідному розчині, T – абсолютна температура, R – газова стала.

Механізм процесу адсорбції ПАР текстильними матеріалами як сорбентами пов'язують з різними внесками стандартних вільних енергій Гіббса взаємодій між волокнами і ПАР у стандартну вільну енергію Гіббса адсорбції ΔG_a^0 [8-10]:

$$\Delta G_a^0 = \Delta G_e^0 + \Delta G_s^0 + G_{df}^0, \tag{7}$$

де ΔG_e^0 враховує електричні взаємодії, ΔG_s^0 враховує специфічну (хімічну) адсорбцію, G_{df}^0 пов'язана з механізмом внутрішньодифузійної адсорбції.

ΔG_e^0 визначається кулонівською взаємодією ΔG_c^0 і дипольним членом ΔG_d^0 :

$$\Delta G_e^0 = \Delta G_c^0 + \Delta G_d^0 \tag{8}$$

Якщо заряд іонів ПАР протилежний за знаком заряду поверхні адсорбенту, як у нашому випадку, то електрична взаємодія сприяє процесу адсорбції при низьких ступенях заповнення поверхні. Внесок ΔG_d^0 обумовлений обмінними процесами між йонами ПАР в об'ємі розчину і в адсорбованому стані, які супроводжуються десорбцією молекул води.

Внески вільних енергій Гіббса у ΔG_s^0 будемо визначати, враховуючи особливості досліджуваних систем синтетичні волокна (ПА, ПЕ) – ПАР:

$$\Delta G_s^0 = \Delta G_{cc}^0 + \Delta G_{cs}^0 + \Delta G_h^0 + \Delta G_w^0 + \Delta G_{el}^0 + \Delta G_{ie}^0 \quad (9)$$

ΔG_{cc}^0 характеризує зміну вільної енергії при притягуванні ланцюг – ланцюг, яке виникає між гідрофобними фрагментами адсорбованих іонів або молекул (латеральна взаємодія); вільні енергії Гіббса ΔG_{cs}^0 і ΔG_h^0 відносяться до взаємодії ланцюг – адсорбент і полярна група – адсорбент відповідно.

У водному оточенні гідрофобні взаємодії пов'язані із загальною тенденцією неполярних групувань іонів або молекул до агрегації, яка призводить до часткового або повного руйнування їх контактів з молекулами води.

Вільна енергія цього процесу визначається, в основному, ентропійними факторами, які виникають в результаті руйнування молекулярних структур води, які оточують неполярні групування і існують малий час, що відображається на величині стандартної вільної енергії десольватації води ΔG_w^0 . До гідрофобних взаємодій відносяться Ван-дер-ваальсові і диполь-дипольні. Результатом прояву гідрофобних взаємодій може бути утворення геміміцел на поверхні волокон.

Складова ΔG_h^0 може включати хімічну взаємодію (утворення водневого або ковалентного зв'язку) і пов'язані з нею окремі сольватаційні внески. В нашому випадку можливо утворення водневих зв'язків між полярними групами на поверхні волокон і полярними групами молекул ПАР (рис. 4), що підвищує міцність адсорбційних шарів КПАР.

ΔG_{el}^0 – складова вільної енергії адсорбції, коли адсорбат містить електрондонорні ароматичні ядра, а твердий адсорбент – позитивно заряджені ділянки (адсорбція поляризованими π -електронами).

Можлива адсорбція за рахунок йонного обміну (внесок ΔG_{ie}^0 у вільну енергію Гіббса), при якому йони, які адсорбуються, витісняють з поверхні одноіменно заряджені інші йони, що цілком можливо, враховуючи, що на текстильні матеріали наносять опоряджувальні композиції і апрети.

Стандартна вільна енергія Гіббса ΔG_{df}^0 , яку ми ввели в рівняння (7), грає важливу роль у випадку, коли адсорбентом є пористе тіло (волокно) і розчин може заповнювати макро- і мезопори:

$$\Delta G_{df}^0 = \Delta G_v^0 + \Delta G_b^0 \quad (10)$$

Через двокомпонентний склад адсорбційного розчину елементарну міграцію молекули, що адсорбується, розглядають як двостадійний процес [9]. Перша стадія характеризується ΔG_v^0 – вільною енергією активації утворення вакансії в адсорбційному просторі.

Друга стадія пов'язана з переміщенням на цю вакансію органічної молекули, яка знаходиться в полі дії адсорбційних сил, і характеризується вільною енергією активації переходу молекули, що адсорбується, в активований стан ΔG_b^0 .

У випадку адсорбції КПАР з водного розчину волокнами можливі всі види взаємодій між їх поверхнею і молекулами ПАР.

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. 3). Причому, при низьких концентраціях омеро-16 в розчині до 0,1-0,2 г/л адсорбція на ПА і ПЕ волокнах не відбувається. Це свідчить про те, що сила взаємодії між молекулами НПАР більше сили взаємодії між молекулами ПАР і поверхнею волокон. При ККМ адсорбція ОС-20 (0,1 г/л) і омеро-16 (0,2 г/л) різко зростає.

В цьому випадку молекули НПАР намагаються розташуватися на поверхні у вигляді ланцюгів або кластерів. Такому їх розташуванню сприяє адсорбція розчинника, велика молекулярна маса і геометрія молекул цих ПАР. Поява плато після ККМ (0,2-0,5 г/л) обумовлено переорієнтацією міцел і формуванням мономолекулярного шару. 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. Але полярні групи ПАР, особливо поліоксіетиленові групи, також можуть взаємодіяти з поверхнею волокон.

Якщо взаємодія обумовлена дисперсійними силами, теплота адсорбції має відносно маленьке значення, і молекули адсорбата на першій стадії намагаються розташуватися паралельно поверхні, оскільки їх гідрофобні групи адсорбуються позитивно (рис. 2, III). Це відноситься до більшості гідрофільних груп, особливо таких великих, як поліоксіетиленова. Наближення до мономолекулярного насичення горизонтально розташованими молекулами НПАР супроводжується зменшенням нахилу ізотерм адсорбції. При подальшому збільшенні концентрації НПАР у розчині адсорбція на ПА і ПЕ волокон зростає за внутрішньодифузійним механізмом.

Відсутність електричних взаємодій між негативною зарядженою поверхнею волокон і нейтральними молекулами НПАР пояснює більш низькі значення їх адсорбції порівняно з КПАР.

4. Висновки

Дослідження процесу адсорбції ПАР на синтетичних текстильних матеріалах свідчить про те, що більші значення величини адсорбції КПАР на поверхні негативно заряджених волокон можна передбачити а priori.

Відмінності в механізмі адсорбції ПАР різними текстильними матеріалами пов'язані з особливостями хімічної і морфологічної структури волокон, формою і характером їх поверхні, наявністю на ній полярних груп, гетерогенністю волокон по перерізу, капілярно-пористою структурою.

Сучасні катіонні і неіоногенні ПАР можна використати для модифікації поверхні синтетичних волокон з метою підвищення їх гідрофільності і капілярності і, як наслідок, покращення антистатичних властивостей.

Література

1. Перепелкин К. Е. Современные химические волокна и перспективы их применения в текстильной промышленности [Текст] / К. Е. Перепелкин // Рос. хим. ж. – 2002. – Т. XLVI, № 1. – С. 31–48.
2. 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.
3. Кричевский Г. Е. Роль химии в производстве текстиля. Эволюция и революция в текстильной химии [Текст] / К. Е. Кричевский // Рос. хим. ж. – 2002. – Т. XLVI, № 1. – С. 5–8.
4. Волков В. А. Поверхностно-активные вещества. Применение для производства и модификации текстильных материалов: [Электронна книга eBook] / В. А. Волков. – Режим доступа: \www/ URL: <http://e-science.sources.ru> – 15.07.2010 р. – Назва з екрана.
5. Курамшина О.И. Изучение процесса мицеллообразования по результатам физико-химических исследований и методом молекулярной динамики [Текст] / О. И. Курамшина, И. Б. Ширококов, П. С. Фахретдинов, И. Ю. Голубев // Вестник Удмуртского университета. – 2010. – Вып. 2. – С. 28–42.
6. Шенфельд Н. Поверхностно-активные вещества на основе оксида этилена [Текст] : пер. с нем. / Под ред. Н. Н. Лебедева. – М. : Химия, 1982. – 752 с.
7. Холмберг К. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах [Текст] : пер с англ. / К. Холмберг, Б. Йенссон, Б. Кронберг, Б. Линдман. – М. : БИНОМ, Лаб. знаний, 2007. – 528 с.
8. Адсорбция из растворов на поверхностях твердых тел [Текст] : пер. с англ. / Под ред. Г. Парфита, К. Рочестера. – М. : Мир, 1986. – 488 с.
9. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод [Текст] : підручник / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. А. Астрелін та ін. ; за заг. ред. А. К. Запольського. – К. : Лібра, 2000. – 522 с.
10. Rui Zhang. Advances in adsorption of surfactants and their mixtures at solid [Текст] / Rui Zhang, P. Somasundaran // Advances in Colloid and Interface Science. – 2006. – 123–126. – P. 213–229.

Розглянуто питання обробки експериментальних даних, та розроблена методика, яка дозволяє в автоматичному режимі визначити середні значення будь-яких кінетичних залежностей та центри плоских фігур, утворених цими залежностями

Ключові слова: середнє значення, термограма, апроксимація

Рассмотрен вопрос обработки экспериментальных данных и разработана методика, позволяющая в автоматическом режиме определить средние значения любых кинетических зависимостей и центры плоских фигур, образованных этими зависимостями

Ключевые слова: среднее значение, термограмма, аппроксимация

The problem of data processing is considered and developed a technique that allows to automatically determine the average value of any kinetic relations and the centers of flat shapes formed by these dependencies

Keywords: mean value, the thermogram, the approximation

УДК 536.24.083

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНІХ ЗНАЧЕНЬ КІНЕТИЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ

М.І. Погожих

Доктор технічних наук, завідувачий кафедрою*

І.М. Павлюк

Асистент*

*Кафедра енергетики та фізики

Харківський державний університет харчування та

торгівлі

вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051

Контактний тел.: (057) 34-94-00

Актуальність

Жодна фізична теорія не може бути підтверджена або спростована без наявності оброблених експе-

риментальних даних. Фактично без експериментів сучасна наука просто стояла б на місці. Тому перед експериментатором стоїть складне комплексне завдання: йому необхідно зрозуміти суть висунутої