

2. Шипилов Ю. Г. Приданіе текстильним матеріалам антиадгезионних свойств : дис. канд. техн. наук : 05.19.03 / Шипилов Ю/ Г. – Херсон, 2003. – 127 с.
3. Попович Т. А. Критична поверхнева енергія волокна як характеристика готової тканини / Т. А. Попович, Г. В. Міщенко // Збірник наукових праць IV Всеукраїнської науково-практичної конференції [«Теорія і практика сучасного природознавства»], (Херсон, 2009 р). М-во освіти і науки України, Херсонський державний університет, Інститут природознавства. – Херсон, 2009. – С. 60–61.
4. Попович Т. А. Исследование возможностей использования акриловых и стиролакриловых полимерных эмульсий отечественного производства для колорирования пигментами / Т. А. Попович, А. В. Мищенко, Ю. Г. Шипилов // Проблемы легкой и текстильной промышленности Украины. – 2004. – № 2 (9). – С. 134–137.
5. Міщенко Г. В. Підвищення фізико-механічних властивостей полімерних плівок за рахунок використання вітчизняних акрилових сополімерів та групи предконденсатів термореактивних смол / Г. В. Міщенко, Т. А. Попович // Теорія і практика сучасного природознавства. – Херсон, 2007. – С. 72–74.
6. Лисюк В. М. Акрилові полімери в складах, що не змиваються / В. М. Лисюк, Т. А. Попович, Г. В. Міщенко // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Розвиток наукових досліджень». – Полтава, 2008. – С. 73–74.
7. Назарова В. В. Використання акрилових полімерів для матеріалозберігаючої малоусадкової обробки текстильних матеріалів / В. В. Назарова, А. В. Андрушкевич, Г. В. Міщенко // XIII Всеукраїнська науково-практична конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Технологія-2010» – технологічний інститут Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Северодонецьк, 22–23 квітня, 2010. – С. 112–113.
8. Андрушкевич А. В. Вплив кремнійорганічних сполук на здатність текстильних матеріалів до забруднення / А. В. Андрушкевич, В. В. Назарова, Г. В. Міщенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2010. – № 4.
9. Глубиш П. А. Противозагрязняемая отделка текстильных материалов / Глубиш П. А. – М. : Легкая индустрия. – 1979. – 152 с.

Надійшла 18.8.2011 р.

УДК 648.28: 541

С.А. КАРВАН

Хмельницький національний університет

## АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ РОЗЧИННИКІВ ДЛЯ ХІМІЧНОГО ЧИЩЕННЯ. І. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗОК МІЖ ВЛАСТИВОСТЯМИ, ПАРАМЕТРАМИ РОЗЧИННОСТІ І ПОЛЯРНОСТІ РОЗЧИННИКІВ

*Проведено порівняльний аналіз фізико-хімічних властивостей органічних розчинників різної хімічної природи і полярності. На основі кореляційного аналізу визначено вплив основних параметрів полярності розчинників на їх мийну і розчинну здатність. Досліджено мийну дію розчинників хімічного чищення і спиртів при відмиванні поліестерних і вовняних матеріалів. Показано, що мийна здатність спиртів суттєво залежить від їх параметрів розчинності Hildebrand, Hansen і спектроскопічних параметрів полярності.*

*A comparative analysis of physical and chemical properties of organic solvents of different chemical nature and polarity was performed. The influence of main parameters of polarity on the washing and dissolving abilities of solvents was determined on the basis of correlation analysis. Washing power of dry-cleaning solvents and alcohols was investigated in the laundering of polyester and woolen materials. It has been shown that washing ability of alcohols depends on their Hildebrand and Hansen solubility parameters and spectroscopic parameters of polarity.*

Ключові слова: органічні розчинники, параметри полярності, хімічне чищення, мийна здатність, розчинна здатність.

### Вступ

За багаторічну практику в хімічному чищенні в якості основного розчинника використовували і апробовували різні органічні рідини: нафтові вуглеводні (керосин, бензин, уайт-спірит (УС)), флуорвуглеводні (фреони), хлорвуглеводні (тетрахлорметан, трихлоретилен (ТХЕ), перхлоретилен (ПХЕ)), бензол, аліфатичні спирти, змішані розчинники тощо. За даними Європейської Асоціації підприємств по догляду за текстилем CINET (Comité International de l'Entretien du Textile, International Committee of Textile Care) приблизно 90 % виробів, які підлягають хімічному чищенню, обробляються в середовищі ПХЕ, і на сьогоднішній день реальної альтернативи цьому розчиннику немає. Незважаючи на дискусії, які тривають останнє десятиріччя щодо головних недоліків ПХЕ, пов'язаних з його екологічною небезпекою: токсичністю, можливою канцерогенністю, впливом на озоновий шар, забрудненням навколишнього середовища відходами, впливом на виробу, нині він залишається практично єдиним розчинником, який за своїми технологічними властивостями (багатофункціональність, висока мийна здатність) і собівартістю майже ідеально підходить для хімічного чищення виробів.

Вирішення технологічних, екологічних і економічних проблем при хімічному чищенні пов'язано з

подальшим розвитком цієї галузі в сфері модернізації обладнання і впровадження сучасних технологій при обробці виробів, що спрямоване на тотальне зменшення витрат і втрат розчинника.

### Постановка завдання Світові тенденції розвитку технології хімічної чистки

Технологія хімічного чищення базується на тому, що мийним середовищем, в якому обробляються вироби, і в яке переходять забруднення, є органічний розчинник. Розчинник виконує роль транспортувального агенту, в якому переміщуються вироби, забруднення, компоненти мийних композицій. За допомогою розчинника створюються турбулентні потоки і здійснюється механічний вплив на вироби [1, 2]. На силу механічної дії при хімічному чищенні впливає густина розчинника: більш важкий органічний розчинник, такий як ПХЕ, буде мати більший вплив на вироби, який буде передаватися при механічній дії під час миття в барабані машини хімічного чищення, який можна контролювати і регулювати за допомогою інвертора [3].

Пошуки альтернативних технологій для очищення виробів, в тому числі і з метою заміни ПХЕ, тривають у двох напрямках [4-6]:

1. Пошук або синтез нового досконалого розчинника для „сухого чищення”, який відповідатиме всім вимогам з технологічної, екологічної, економічної точок зору. Розвиток цього напрямку досліджень повернув увагу до вуглеводневих (нафтових) розчинників Petroleum, KWL, UC, Stoddart, Actrel 3356D і 3363D, Solvon та ін. і реалізувався у розробці альтернативних розчинників: рідкий карбон діоксид, модифікований силіконовий розчинник Green Earth (D5 декаметилциклопентасилоксан), аліфатичні етери етиленгліколю і пропіленгліколя Rynex, Impress, Solvar, N-пропілбромід Dry-Solv, EnSolv, „гібридний” розчинник PureDry, який містить 95 % ізопарафінових вуглеводнів з C<sub>9</sub>-C<sub>12</sub>-карбоновим ланцюгом, гідрофлуоретери і перфлуорізобутилетиери. Порівняння деяких експлуатаційних характеристик розчинників для хімічного чищення наведено в табл. 1.

2. Другий напрямок пов'язаний з переходом від „сухого” чищення до технології обробок у водному середовищі і появою та розвитком акватехнології Aquatex, Wet cleaning, яку стали називати „сухим чищенням у воді” [7]. Ця технологія повинна зменшити механічну дію на делікатні матеріали під час миття за допомогою керованої циркуляції води, що є різновидом м'якогоощадного прання виробів. Але основні технологічні операції під час сухого і вологого чищення практично однакові.

Таблиця 1

Рейтинг розчинників для хімічної чистки (бали від 1 до 5)

| Властивості             | ПХЕ | N-Пропил-бромід | Вуглеводневі | Solvar | CO <sub>2</sub> | Green Earth | Аква-чистка |
|-------------------------|-----|-----------------|--------------|--------|-----------------|-------------|-------------|
| Забрудненість           | 1   | 3               | 3            | 4      | 5               | 5           | 5           |
| Вплив на здоров'я       | 1   | 1               | 3            | 5      | 5               | 4           | 5           |
| Вартість обладнання     | 5   | 5               | 4            | 2      | 2               | 4           | 5           |
| Вартість обслуговування | 5   | 3               | 3            | 2      | 2               | 5           | 3           |
| Різноманітність виробів | 5   | 3               | 5            | 4      | 2               | 5           | 1           |

Незважаючи на відмінності в хімічній природі розчинників, які застосовуються при хімічному чищенні, технологічні режими обробок виробів в машинах принципово не відрізняються, основні відмінності обумовлено конструктивними особливостями устаткування, пов'язаними з очищенням і зберіганням розчинника, екологічною безпекою для персоналу і навколишнього середовища, автоматизацією, комп'ютеризацією, контролем та обслуговуванням машин хімічного чищення.

Наведений огляд сучасного стану технологій хімічного чищення і розчинників для обробки виробів свідчить про те, що одним з основних і найбільш складним напрямком розвитку цієї галузі є дослідження, пов'язані з визначенням і створенням оптимальних характеристик мийного середовища, яке буде володіти високою мийною ефективністю і неагресивним впливом на властивості текстильних матеріалів, що забезпечить високу якість хімічного чищення.

### Результати дослідження та їх обговорення Характеристики органічних розчинників

Властивості органічних розчинників, які використовуються при хімічному чищенні, сильно відрізняються від властивостей води, яка застосовується при пранні і аквачистці текстильних виробів (табл. 2). Волокна, нитки і тканини сорбують менше органічних розчинників, ніж води, що обумовлено більшим розміром їх молекул, а це означає, що їх молекули важче будуть проникати всередину волокон. З іншого боку, змочування текстильних матеріалів відбувається швидше розчинниками, оскільки їх поверхневий натяг приблизно в 2,5 разів менший, ніж води.

Характеристика основних розчинників для хімічної чистки і аквачистки [3,6,8,9]

| Властивості                                 | ПХЕ   | N-Пропилбромид                              | Вуглеводневі                             | Solvar                                      | CO <sub>2</sub>  | Green Earth           | Аквачистка  |
|---|---|---|--|---|--|-----------------------|---|
| Хімічна формула                             | Тетрахлоретилен                             | N-Пропилбромид                              | Вуглеводні                               | Аліфатичні етери етиленгліколю              | Карбон діоксид   | Силоксан              | H <sub>2</sub> O  |
| Хімічна природа                             | Органічна                                   | Органічна                                   | Органічна                                | Органічна                                   | Неорганічна  | Кремній-неорганічна   | Неорганічна   |
| Запах                                       | Сильний ефіроподібний запах                 | Сильний ефіроподібний запах                 | Слабкий бензиновий запах                 | Сильний фарбоподібний запах; газ без запаху | Без запаху   | Без запаху            | Без запаху  |
| Рік комерціалізації                         | 1940  | 2006  | 1993                                     | 2007  | 1993   | 1999                  | 1994  |
| Фізичний стан                               | Прозора рідина                              | Прозора рідина                              | Бурштинова рідина                        | Рідина; безбарвний газ                      | Безбарвний газ   | Прозора рідина        | Прозора рідина  |
| Поверхневий натяг, мН/м <sup>2</sup> (20°C) | 31,74                                       | 25,9  | 24                                       | 24 (25°C)                                   | -  | 17,4                  | 72,75   |
| Каури-бутанольний індекс                    | 90  | 125   | 27                                       | 65-75                                       | -  | <20                   | -   |
| Густина, г/см <sup>3</sup>                  | 1,62  | 1,33  | 0,8                                      | -   | -  | 0,95                  | 1   |
| Точка спалаху                               | Немає                                       | Немає                                       | 61-64°C                                  | <93°C                                       | Немає  | 77°C                  | Немає   |
| Клас безпечності                            | III   | III   | III                                      | III   | III  | III                   | III   |
| Проблемні матеріали                         | Шовк, вініл, кашемір, шкіра, бісер, гудзики | Шовк, вініл, кашемір, шкіра, бісер, гудзики | Вініл, бісер, гудзики, деякі забарвлення | Не визначено                                | Ацетатні, триацетатні матеріали, еластик, бісер, гудзики |                       | Вовна, натуральні волокна і шкіра, виробли з водорозчинним опорядженням |
| Міцність кольору                            | Середня                                     | Низька                                      | Добра                                    | Добра                                       | Добра  | Висока                | Добра   |
| Можливість усадки матеріалів                | Незначна                                    | Незначна                                    | Незначна                                 | Можлива                                     | Незначна для ацетату/триацетату                          | Так                   | Незначна  |
| Опорядження                                 | Базове                                      | Подібно до ПХЕ                              | Подібно до ПХЕ                           | Подібно до ПХЕ                              | Значно вище, ніж ПХЕ                                     | Значно менше, ніж ПХЕ | Значно вище, ніж ПХЕ  |
| Тривалість циклу обробки, хв.               | 35-55                                       | 35-45                                       | 47-65                                    | 45  | 35-45  | 47-65                 | 28  |
| Вартість машини хіміч.тис. дол.             | 30-75                                       | 40-75                                       | 45-95                                    | 175-200 і вище                              | 125 і вище   | 45-95                 | 50 і вище   |
| Токсичність                                 | Так   | Так   | Так                                      | Так   | Ні   | Ні                    | Ні  |

Головним критерієм вибору розчинника для хімічного чищення виробів є його мийна дія, яку можна оцінити посередньо через розчинну здатність розчинника. Розчинна здатність рідин обумовлює їх застосування в якості мийного середовища і пов'язана із здатністю видалити з матеріалів забруднюючі речовини, розчиняти їх і транспортувати в процесі миття. Ця властивість залежить від багатьох характеристик рідин, насамперед від їх хімічної природи, молекулярної маси, полярності, параметра розчинності, природи і розчинності забруднюючих речовин. В основному розчинну здатність характеризують аніліновою, каури-бутанольною точками і параметром розчинності [10].

Аніліноюю точкою називають температуру, при якій з'являється помутніння суміші рівних об'ємів аніліну і розчинника при повільному охолодженні суміші.

Каури-бутанольною точкою (КВ) називають кількість розчинника, яка необхідна для титрування 20 г 33 %-ного розчину смоли каури в бутанолі до моменту помутніння.

Різні дослідники пов'язують розчинну здатність розчинників з їх певними розрахунковими і емпіричними характеристиками і залежностями, але узагальнюючої теорії, яка б пов'язувала параметри розчинників з їх технологічними властивостями, на сьогоднішній день не створено.

Для того, щоб виявити закономірності в залежності мийної дії органічних розчинників від їх фізико-хімічних характеристик, дослідили процес відмивання забруднень з поліефірних і вовняних ниток в неводному середовищі.

В таблиці 3 наведено фізико-хімічні властивості при 20<sup>0</sup>С, емпіричні і розрахункові параметри полярності органічних розчинників [11-15]:

1. Густина  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>.
2. Поверхневий натяг  $\sigma \cdot 10^{-5}$ , Н/см.
3. В'язкість  $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с.

В роботі [10] запропоновано охарактеризувати розчинну здатність розчинників за їх в'язкістю, яка в свою чергу залежить від кількості і розмірів молекул розчинника: чим менше розміри молекул неасоційованого розчинника, тим менше його в'язкість і більше проникаюча здатність його молекул, що посередньо впливає на збільшення розчинної здатності розчинника.

Автори роботи [16] припустили, що величина, обернена кінематичній в'язкості рідини, характеризує її розчинну здатність по відношенню до ланоліну, і одержали залежність розчинної здатності від числа атомів Карбону в молекулах вуглеводнів нормальної будови у складі УС. Але залежність їх мийної здатності по відношенню до комплексного забруднювача НІТХІБ має екстремальний характер, що вказує на неоднозначний і складний характер їх взаємозв'язку.

4. Питома електропровідність  $\alpha$ , Ом<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>.
5. Дипольний момент  $\mu$ , Д.
6. Діелектрична проникність  $\epsilon$ .

За уявленням деяких дослідників [1] розчинна здатність розчинників по відношенню до жирів пов'язана з діелектричною проникністю. З врахуванням цього положення розчинники можна розташувати в наступний ряд у порядку зменшення їх розчинної здатності: гексан → гептан → УС → ПХЕ → 2-пропанол → диметилформаїд → вода. Але практика показала, що розчинна здатність ТХЕ більше за ПХЕ, тому між цими двома характеристиками немає повної кореляції.

7. Параметр розчинності  $\delta$  Hildebrand [17], (Дж/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>, який можна розрахувати за формулою:

$$\delta = \sqrt{U} = \sqrt{\frac{E}{V}}, \quad (1)$$

де  $U$  – густина енергії когезії,  $E$  – молярна енергія випаровування,  $V$  – молярний об'єм.

Параметр розчинності Hildebrand часто використовують для оцінки розчинності неелектролітів в органічних розчинниках: розчинна здатність розчинника тим вище, чим менше різниця між параметрами розчинності розчинника і розчиненої речовини.

Так, дослідження, представлені в роботі [18] свідчать про те, що при збільшенні параметра розчинності мийна здатність вуглеводневих розчинників підвищується і досягає максимуму, який відповідає значенню параметра розчинності 15,75-15,95 (Дж/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>. Припускають, що цій величині відповідає параметр розчинності ланоліну – основного компонента жирового забруднення, якщо виходити з положення Hildebrand, що в процесі розчинення грає роль не абсолютне значення параметра розчинності, а співвідношення параметрів розчинності розчиненої речовини і розчинника. Подальше збільшення параметра розчинності призводить до зниження мийної здатності розчинників. Аналогічна залежність спостерігається між мийною здатністю *n*-алканів і ароматичних вуглеводнів та їх параметрами розчинності.

При співставленні параметрів розчинності і мийної здатності змішаних розчинників [18] визначено, що для забруднюючої суміші соняшникової і машинної олій з сажею оптимальне значення параметра розчинності складає 19,63 (Дж/см<sup>3</sup>)<sup>1/2</sup>, оскільки при цьому значенні спостерігається максимум мийної дії змішаних розчинників на основі ПХЕ і деяких спиртів при чищенні бавовняної і вовняної тканин.

8. 3-D-параметр розчинності  $\delta_t$  Hansen [19], який враховує внески взаємодій трьох типів між розчинником і розчиненою речовиною:

$$\delta_t^2 = \delta_d^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2, \quad (2)$$

де  $\delta_d$  – дисперсійна складова,  $\delta_p$  – полярна складова,  $\delta_h$  – складова, пов'язана з утворенням водневих

зв'язків.

За Hildebrand, схожість або відмінність двох речовин характеризується різницею між значеннями їх параметрів розчинності. За Hansen, кожній речовині відповідає точка у тримірному просторі з координатами, що дорівнюють розрахунковим значенням  $\delta_d$ ,  $\delta_p$ ,  $\delta_h$ . Тоді схожість речовин характеризується відстанями між точками, тобто трьома різницями координат.

9. Ефективний міжмолекулярний тиск  $P_{\text{еф.}}$  (МПа), який можна розрахувати за формулою [20,21]:

$$P_{\text{еф.}} = \frac{RT_{\text{кип.}}}{V_{\text{кр.}}}, \quad (3)$$

де  $R$  – газова стала,  $T_{\text{кип.}}$  – температура кипіння розчинника,  $V_{\text{кр.}}$  – критичний об'єм.

Ефективний міжмолекулярний тиск можна застосовувати для характеристики сольватуючої здатності розчинників в якості узагальненого параметра полярності на основі енергетичного представлення ієрархічної системи рівнів опису потенційної поверхні складних багатокомпонентних молекулярних систем. Параметр  $P_{\text{еф.}}$  характеризує інтенсивність силового поля, яке створюють молекули в рідкому середовищі, при цьому параметр  $P_{\text{еф.}}$  задовільно описує широкий спектр кінетичних, спектральних, термодинамічних властивостей розчинів і існує прямий зв'язок між характеристиками електронних процесів в розчинах і сольватуючою здатністю розчинників [20].

10. Когезійний тиск  $P_{\text{ког.}}$  (МПа) (густина енергії когезії  $U$ ) (1) [12], який є мірою сили всіх міжмолекулярних взаємодій в розчиннику і пов'язаний з роботою, яка витрачається на створення в рідині порожнин, що необхідні для розташування в них молекул інших речовин в процесі розчинення.

11. Внутрішній тиск  $P_{\text{вн.}}$  (МПа) [12], який визначають як зміну внутрішньої енергії  $dU$  розчинника при дуже маленькому ізотермічному розширенні  $dV$ :

$$P_{\text{вн.}} = \left( \frac{dU}{dV} \right)_T \quad (4)$$

Внутрішній тиск виникає внаслідок того, що сили взаємодії між молекулами перевищують сили відштовхування, тобто він обумовлений головним чином дисперсійною і диполь-дипольною взаємодією.

12. Параметр полярності Dimroth-Reichardt  $E_T$  (30) (ккал·моль<sup>-1</sup>) [12,22], який дорівнює енергії електронного переходу з міжмолекулярним переносом заряду *N*-феноксипіридинійбетаїнового барвника 44 в певному розчиннику:

$$E_T = h \cdot c \cdot \nu \cdot N_A = 2,859 \cdot 10^{-3} \cdot \nu = \frac{28591}{\lambda}, \quad (5)$$

де  $h$  – стала Планка,  $c$  – швидкість світла у вакуумі,  $\nu$  – хвильове число фотона, який індукує електронне збудження,  $N_A$  – число Авогадро,  $\lambda$  – довжина хвилі фотона.

13. Нормалізований параметр полярності  $E_T^N$  [12,22], який пов'язаний з параметром  $E_T$  формулою:

$$E_T^N = \frac{E_{T(p-k)} - E_{T(TMC)}}{E_{T(\text{вода})} - E_{T(TMC)}} = \frac{E_{T(p-k)} - 30,7}{32,4}, \quad (6)$$

де  $E_{T(p-k)}$  – параметр полярності Dimroth-Reichardt розчинника, розрахований за формулою (5), а стандартними розчинниками з екстремальними полярностями прийняті вода ( $E_{T(\text{вода})}$ ) і тетраметилсилан ТМС ( $E_{T(\text{ТМС})}$ ).

14. Kamlet і Taft [23] запропонували оцінити полярність розчинників за допомогою параметра  $\beta$  основності розчинників як акцепторів водневого зв'язку (АВЗ), параметра  $\alpha$  кислотності розчинників як донорів водневого зв'язку (ДВЗ) і параметра  $\pi^*$  полярності і поляризованості розчинника на основі спектрів поглинання сольватохромних сполук в області УФ і видимого світла. Вони застосували метод сольватохромного порівняння, який базується на збільшенні зсуву хвильових чисел смуг поглинання в спектрах 4-нітроаніліну відносно спектрів *N*, *N*-диетил-4-нітроаніліну і в спектрі 4-нітроанізола відносно бетаїнового барвника 44 з використанням в якості стандартного розчинника гексаметилфосфотриаміду (сильний АВЗ) і метанолу (сильний ДВЗ). Сольватохромний параметр полярності і поляризованості  $\pi^*$  відображає вплив розчинника на електронний перехід  $\pi \rightarrow \pi^*$  в різних нітроароматичних сполуках, як індикаторів, тобто показує відносну здатність розчинника стабілізувати заряд або біполярну структуру за рахунок своєї діелектричної проникності.

15. Параметри  $A_j$  і  $B_j$  Swain [24], які можна розглядати як міру полярності розчинника, якщо під полярністю розуміти його загальну сольватуючу здатність. Параметри  $A_j$  і  $B_j$  є взаємодоповнюючими, характеризують здатність розчинника сольватувати аніони і катіони і називаються відповідно ацитністю і базитністю розчинника:

$$A = A_0 + a_i A_j + b_i B_j, \quad (7)$$

де параметри  $A_j$  і  $B_j$  характеризують розчинник  $j$ , а  $A$  і  $A_0$ , а також коефіцієнти множинної регресії  $a_i$  і  $b_i$  визначаються тільки розчиненою речовиною  $i$ , причому  $a_i$  і  $b_i$  відображають чутливість характеристики  $A$  речовини  $i$  до зміни природи розчинника.

16. Gutman [25] запропонував в якості емпіричного параметра льюїсовської основності розчинників донорні числа  $DN$  (ккал·моль<sup>-1</sup>) – це абсолютна величина молярної ентальпії утворення аддукту стибій ( $V$ )

хлориду і розчинника донора електронних пар, яку визначають калориметрично в сильно розведеному розчині в інертному 1,2-дихлоретані при кімнатній температурі. Акцепторне число AN є мірою льюїсовської кислотності розчинників, його одержують шляхом вимірювання хімічних зсувів сигналу в спектрі ЯМР  $^{31}\text{P}$  при електрофільній атаці розчинника акцептора на триетилфосфіноксид по відношенню до стандартного розчинника *n*-гексану.

17. Grunwald і Winstein [26] для оцінки полярності розчинників використали параметр іонізуючої здатності розчинників  $Y$ , який визначається рівнянням:

$$Y = \lg k_A^{\text{mpem}-\text{BuCl}} - \lg k_0^{\text{mpem}-\text{BuCl}}, \quad (8)$$

де  $k_0^{\text{mpem}-\text{BuCl}}$  – константа швидкості реакції першого порядку сольволізу трет-бутилхлориду при  $25^\circ\text{C}$  в стандартному розчиннику – водному розчині етанолу (80 % етанолу за об'ємом,  $Y=0$ );  $k_A^{\text{mpem}-\text{BuCl}}$  – константа швидкості тієї ж реакції в досліджуваному розчиннику.

18. Параметр розчинності (полярності – поляризованості) розчинників SPP, визначений за результатами УФ і видимої спектроскопії відносно спектрів гомоморфної пари 2-N, N-диметил-7-нітрофлуорен (ДМНФ) / 2-флуор-7-нітрофлуорен (ФНФ) [27]. SPP визначається за різницею між сольватохромізмом проби ДМНФ і його гомоморфа ФНФ. Також дослідниками запропоновано характеризувати основність розчинників параметром SB і кислотність SA по аналогії з параметрами  $\beta$  і  $\alpha$  Kamlet і Taft.

19. Індекс полярності SPI (Shyder [28]), який визначається за допомогою індексів утримання в рідинній адсорбційній хроматографії на основі елюотропного ряду для розчинників для гідрофільного сорбенту алюміній оксиду.

20. Godfrey [8] запропонував для оцінки розчинної здатності використати числа змішування (М-числа), які змінюються по мірі підвищення ліпофільності розчинників, тобто їх спорідненості до масло- і жироподібних речовин і визначаються експериментально за допомогою тесту на змішуваність. М-числа є порядковими номерами 31 класу органічних розчинників. Два розчинника змішуються у будь-яких співвідношеннях при  $25^\circ\text{C}$ , якщо їх М-числа розрізняються не більше, ніж на 15 одиниць; якщо різниця М-чисел дорівнює або перевищує 17 одиниць, то розчинники не змішуються, а при різниці в 16 одиниць рідини обмежено розчиняються одна в другій. Рідини, які характеризуються М-числом = 16, можуть змішуватися з менш або більш ліпофільними розчинниками.

Враховуючи низьку діелектричну проникність, практично нульовий дипольний момент і електростатичний коефіцієнт, можна віднести ПХЕ і УС до вуглеводневих неполярних розчинників, ТХЕ – до слабкоелектронодонорних, а воду – до біполярних розчинників.

В роботі [12] наведено класифікацію розчинників, яка базується на їх специфічній взаємодії з катіонами і аніонами, що було запропоновано Parker [29]. За його класифікацією розчинники, які застосовуються для хімічного чищення (вуглеводневі, хлорвуглеводневі), можна віднести до третьої категорії аполярних апротонних розчинників, які характеризуються низькою діелектричною проникністю  $\epsilon_r < 15$ , слабким дипольним моментом  $\mu < 8,3 \cdot 10^{-30}$  Кл·м або 2,5 D, малою величиною нормалізованого емпіричного параметру полярності  $E_T^N$  (від 0 до 0,3) і не можуть бути донорами водневого зв'язку. Такі розчинники дуже слабо взаємодіють з розчищеною речовиною, оскільки в них можуть проявлятися тільки неспецифічні орієнтаційні, індукційні і дисперсійні взаємодії.

Отже, на сьогоднішній день не існує однозначної думки про залежність мийної дії і розчинної здатності розчинників від їх хімічної природи, фізичних і емпіричних характеристик. Відомості, які зустрічаються в літературі, часто є незіставними через відмінності в умовах проведення експериментів. Однією з причин цього є відсутність стандартних або уніфікованих методик визначення мийної здатності розчинників і мийних засобів в лабораторних умовах, які б адекватно відтворювали процес хімічного чищення або прання виробів.

В представленій роботі мийну здатність розчинників визначали фотометричним (для тканин) і гравіметричним (для ниток) методами за стандартними методиками [1]. Зразки поліефірних (ПЕ) тканин и ниток, а також вовняних ниток забруднювали сумішшю сажі з олією, витримували 3 дні в кондиційних умовах і відмивали протягом 10 хв в різних розчинниках при модулі ванни MB=20 і температурі  $20^\circ\text{C}$ . Результати визначення мийної здатності розчинників (MS, %) наведено в табл. 3: MS<sub>1</sub> – відмивання ПЕ тканин від застарілих забруднень, MS<sub>2</sub> – відмивання ПЕ тканин від свіжих забруднень (MS<sub>1</sub> і MS<sub>2</sub> розраховано за формулою Kubelka – Munk); MS<sub>3</sub> і MS<sub>4</sub> – відповідно відмивання ПЕ і вовняних ниток від свіжих забруднень (розраховано за гравіметричними вимірюваннями); Н (мм) – капілярність відмитих ПЕ тканин, яка визначена за ГОСТ 3816-81.

Дослідження показали, що в ряду досліджуваних аліфатичних спиртів при збільшенні кількості атомів Карбону зменшується їх мийна здатність при відмиванні ПЕ і вовняних ниток. В цілому, спирти характеризуються високою мийною здатністю по відношенню до неполярних забруднень на основі сажі і олії. Визначення коефіцієнтів відбиття відмитих ПЕ тканин свідчить про те, що тільки половина пігментних забруднень змивається з тканин, причому ПХЕ і УС характеризуються меншою мийною здатністю, ніж спирти. Вода і водний розчин етанолу мають низьку мийну дію по відношенню до складних змішаних забруднень, проте вони достатньо ефективні при видаленні водорозчинних і полярних забруднень.

Таблиця 3

## Характеристики розчинників

| Розчинник          | $\rho$                    | $\sigma \cdot 10^{-5}$  | $\eta \cdot 10^{-3}$    | $\alpha$              | $\mu$     | $\varepsilon$ | $\delta$   | $\delta_t$ | $P_{эф.}$ | $P_{ког.}$ | $P_{вл.}$      | КВ                    | $E_T(30)$             | $E_T^N$               | $\beta$               | $\alpha$ |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|-----------|---------------|------------|------------|-----------|------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| ПХЕ                | 1,619                     | 31,74                   | 0,88                    | $5,60 \cdot 10^{-14}$ | 0         | 2,3           | 19,79      | 19,17      |           |            |                | 90                    | 32,1                  | 0,043                 | 0,05                  | 0        |
| УС                 | 0,79                      | 26                      |                         | $3,00 \cdot 10^{-15}$ | 0         | 1,6           | 17,5       |            |           |            |                | 38,8                  |                       |                       |                       |          |
| вода               | 1                         | 72,75                   | 1,002                   | $5,89 \cdot 10^{-8}$  | 1,84      | 81            | 48         | 47,8       | 55,42     | 2302       | 151            |                       | 63,1                  | 1                     | 0,47                  | 1,17     |
| етанол             | 0,789                     | 22,03                   | 1,19                    | $1,35 \cdot 10^{-9}$  | 1,68      | 24,3          | 26         | 26,5       | 17,53     | 703        | 291            | 325                   | 51,9                  | 0,654                 | 0,75                  | 0,86     |
| 2-пропанол         | 0,785                     | 21,7                    | 2,39                    | $5,80 \cdot 10^{-8}$  | 1,58      | 18,3          | 22,94      | 23,5       | 13,49     |            | 274,4          | 230                   | 48,4                  | 0,546                 | 0,84                  | 0,76     |
| 1-бутанол          | 0,809                     | 24,6                    | 2,95                    | $9,12 \cdot 10^{-9}$  | 1,68      | 17,1          | 23,3       | 23,1       | 11,92     | 485        | 300            | 225                   | 50,2                  | 0,602                 | 0,84                  | 0,84     |
| 2-бутанол          | 0,803                     | 23                      | 3,78                    | $1 \cdot 10^{-7}$     | 1,65      | 16,56         | 22,6       | 22,2       |           |            |                | 195                   | 47,1                  | 0,506                 | 0,80                  | 0,69     |
| 2-метил-1-пропанол | 0,803                     | 22,98                   | 3,95                    | $1,3 \cdot 10^{-8}$   | 1,79      | 17,7          | 21,32      | 22,7       | 11,64     |            |                |                       | 48,6                  | 0,552                 | 0,84                  | 0,79     |
| 2-метил-2-пропанол | 0,781                     | 20,7                    | 3,316                   | $2,66 \cdot 10^{-8}$  | 1,65      | 12,47         | 21,7       |            |           | 473        | 339            |                       | 43,3                  | 0,389                 | 1,01                  | 0,68     |
| 1-пентанол         | 0,812                     | 25,6                    | 4,0                     |                       | 1,71      | 13,9          | 22,4       | 21,59      |           |            | 303            |                       | 49,1                  | 0,568                 | 0,86                  | 0,84     |
| 3-метил-1-бутанол  | 0,812                     | 24                      | 4,36                    | $1,4 \cdot 10^{-9}$   | 1,82      | 14,7          | 19,66      | 21,3       |           |            |                |                       | 49                    | 0,565                 | 0,86                  | 0,84     |
| циклогексанол      | 0,962                     | 26,54                   | 68                      |                       | 1,86      | 15            | 23,3       | 22,4       |           |            |                |                       | 46,9                  | 0,5                   | 0,84                  | 0,6      |
| 1-гептанол         | 0,824                     |                         |                         |                       |           | 11,32         |            |            |           |            | 321            |                       | 48,5                  | 0,549                 |                       |          |
| 1-октанол          | 0,826                     | 26,06                   | 7,5                     | $1,39 \cdot 10^{-7}$  | 1,76      | 10,34         | 21,1       | 21,01      |           |            | 328            |                       | 48,3                  | 0,543                 | 0,81                  | 0,77     |
| 2-нонанол          | 0,827                     | 28                      | 11,8                    |                       |           | 8,6           |            |            |           |            | 327            |                       | 47,8                  | 0,528                 |                       |          |
| <b>Розчинник</b>   | <b><math>\pi^*</math></b> | <b><math>A_j</math></b> | <b><math>B_j</math></b> | <b>DN</b>             | <b>AN</b> | <b>Y</b>      | <b>SPP</b> | <b>SB</b>  | <b>SA</b> | <b>SPI</b> | <b>М-число</b> | <b>MS<sub>1</sub></b> | <b>MS<sub>2</sub></b> | <b>MS<sub>3</sub></b> | <b>MS<sub>4</sub></b> | <b>H</b> |
| ПХЕ                | 0,28                      | 0,1                     | 0,25                    |                       |           |               |            |            |           |            | 25             | 23,63                 | 39,42                 | 97,69                 | 95,89                 | 123      |
| УС                 |                           |                         |                         |                       |           |               |            |            |           |            |                | 18,97                 | 40,76                 | 96,68                 | 96,21                 | 45       |
| вода               | 1,09                      | 1                       | 1                       | 18                    | 54,8      | 3,49          | 0,962      | 0,025      | 1,062     | 9          | 0              | 3,90                  | 2,87                  | 0,26                  | 8,08                  | 58       |
| етанол             | 0,54                      | 0,66                    | 0,45                    | 19,2                  | 37,9      | -2,03         | 0,853      | 0,658      | 0,4       | 5,2        | 14             | 2,10                  | 35,31                 | 33,92                 | 36,35                 | 4        |
| 2-пропанол         | 0,48                      | 0,59                    | 0,44                    | 21,1                  | 33,8      | -2,73         | 0,848      | 0,83       | 0,283     | 4,3        | 15             | 27,83                 | 59,26                 | 96,15                 | 96,33                 | 21       |
| 1-бутанол          | 0,47                      | 0,61                    | 0,43                    | 36,8                  | 19,5      | -2,23         | 0,837      | 0,809      | 0,341     | 3,9        | 15             | 32,49                 | 51,63                 | 94,62                 | 97,25                 | 7        |
| 2-бутанол          | 0,40                      |                         |                         |                       | 30,5      |               | 0,842      | 0,888      | 0,221     |            |                |                       | 52,22                 | 96,21                 | 94,81                 | 49       |
| 2-метил-1-пропанол | 0,40                      |                         |                         | 37                    | 35,5      |               | 0,832      | 0,828      | 0,311     | 3,9        |                | 31,00                 | 47,92                 | 94,67                 | 96,06                 | 30       |
| 2-метил-2-пропанол | 0,41                      | 0,45                    | 0,5                     | 21,9                  | 27,1      | -3,26         | 0,829      | 0,928      | 0,145     |            | 16             |                       | 50,24                 | 96,86                 | 97,6                  | 27       |
| 1-пентанол         | 0,40                      |                         |                         | 25                    |           |               | 0,817      | 0,86       | 0,319     |            | 17             |                       | 45,92                 | 96,2                  | 95,97                 | 17       |
| 3-метил-1-бутанол  | 0,40                      |                         |                         | 32                    | 34,1      |               | 0,814      | 0,858      | 0,315     |            |                | 28,90                 | 51,11                 | 95,63                 | 96,12                 | 0        |
| циклогексанол      | 0,45                      |                         |                         | 25                    | 30,1      |               | 0,847      | 0,854      | 0,258     |            | 16             | 24,39                 | 55,02                 | 86,86                 | 84,82                 | 197      |
| 1-гептанол         |                           |                         |                         |                       |           |               | 0,795      | 0,912      | 0,302     |            |                |                       | 51,85                 | 93,85                 | 96,04                 | 3        |
| 1-октанол          | 0,40                      |                         |                         | 32                    | 33,1      |               | 0,785      | 0,923      | 0,299     |            | 17             | 21,43                 | 47,04                 | 92,81                 | 93,73                 | 5        |
| 2-нонанол          |                           |                         |                         |                       |           |               | 0,77       | 0,906      | 0,27      |            |                | 14,02                 | 15,18                 | 91,39                 | 40,5                  | 142      |

**Кореляційний аналіз параметрів розчинників**

З наведених вище даних можна зробити висновок, що існує безліч емпіричних параметрів розчинників, які можна використати для характеристики їх полярності і властивостей та оцінки їх ефективності в певному хімічному і фізичному процесах. В загальному випадку будь-який з розглянутих параметрів служить більш надійною мірою полярності, ніж діелектрична проникність або певна фізична властивість, оскільки емпіричні параметри відображають сумарний ефект всіх взаємодій між молекулами розчинника і розчиненої речовини.

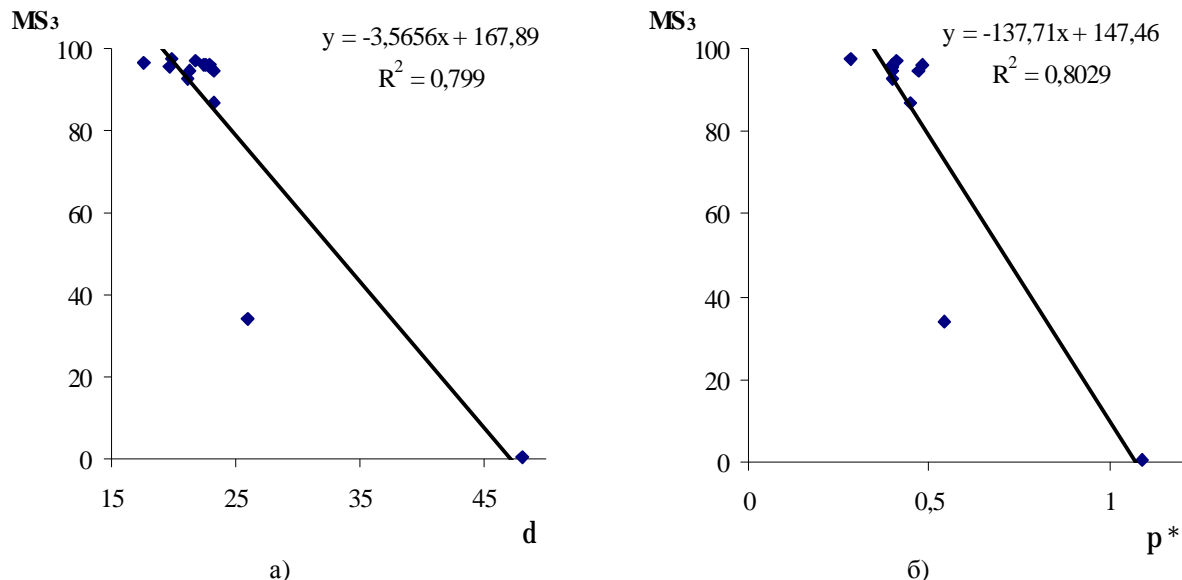
Для визначення параметрів, які значно впливають на процес розчинення забруднень і відповідно на мийну здатність розчинників, застосували кореляційний аналіз і кореляційні рівняння, які зв'язують кінетичні, спектральні або термодинамічні характеристики процесів в рідкій фазі з властивостями середовища. Також відомо [12], що різні параметри полярності корелюють один з одним, тобто можуть бути пов'язані лінійними співвідношеннями. На першому етапі проводили статистичну обробку даних, які характеризують властивості спиртів, води і розчинників хімічного чищення (ПХЕ, УС). Розраховано і виділено парні коефіцієнти кореляції Pearson  $r_{ij}$ , які відповідають сильному зв'язку між розглянутими параметрами і властивостями розчинників, основні з яких наведено в табл. 4. Значимість коефіцієнтів кореляції перевіряли за Student's t-критерієм ( $t=2,16$ ) з врахуванням відповідного рівня значущості ( $\alpha=0,05$ ) і числа степенів вільності ( $f=n-2=15-2=13$ ).

Таблиця 4

| Парні коефіцієнти кореляції |               |               |               |               |               |               |               |              |               |              |                 |                 |                 |
|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|--------------|---------------|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Пар-р                       | $\epsilon$    | $\delta$      | $\delta_t$    | $E_T(30)$     | $E_T^N$       | $\pi^*$       | AN            | SB           | SA            | М-ч.         | MS <sub>1</sub> | MS <sub>2</sub> | MS <sub>3</sub> |
| MS <sub>1</sub>             | -0,533        | -0,638        | -0,681        | -0,459        | -0,459        | -0,668        | -0,731        | 0,636        | -0,600        | 0,576        | 1               |                 |                 |
| MS <sub>2</sub>             | -0,618        | <b>-0,836</b> | <b>-0,883</b> | -0,445        | -0,445        | <b>-0,836</b> | <b>-0,845</b> | <b>0,726</b> | <b>-0,746</b> | 0,696        | <b>0,776</b>    | 1               |                 |
| MS <sub>3</sub>             | <b>-0,880</b> | <b>-0,894</b> | <b>-0,902</b> | <b>-0,702</b> | <b>-0,702</b> | <b>-0,896</b> | <b>-0,822</b> | <b>0,926</b> | <b>-0,880</b> | <b>0,816</b> | <b>0,828</b>    | <b>0,713</b>    | 1               |
| MS <sub>4</sub>             | <b>-0,733</b> | <b>-0,882</b> | <b>-0,888</b> | -0,618        | -0,618        | <b>-0,881</b> | <b>-0,820</b> | <b>0,779</b> | <b>-0,749</b> | <b>0,796</b> | <b>0,892</b>    | <b>0,885</b>    | <b>0,885</b>    |

Визначено, що на мийну здатність досліджених розчинників значно впливають діелектрична проникність, параметри розчинності Hildebrand і Hansen, параметри полярності Dimroth-Reichardt, параметр полярності і поляризованості, параметрами основності і кислотності, числа змішування.

Дуже добра відповідність з високими коефіцієнтами кореляції спостерігається між мийною здатністю спиртів і параметрами розчинності  $\delta$  Hildebrand ( $\delta_t$  Hansen) та параметром  $\pi^*$  полярності і поляризованості Kamlet і Taft, що показано на кореляційному полі (рис. 1).

Рис. 1. Залежність між параметром Hildebrand (а) і параметром  $\pi^*$  (б) і мийною здатністю спиртів при відмиванні ПЕ ниток

Також спостерігається кореляція між величинами мийної здатності розчинників ( $r_{ij} > 0,7$ ), яку було визначено для ПЕ тканин і ниток (ПЕ і вовняних), що підтверджує достовірність проведених вимірювань і одержаних результатів.

Результати досліджень показали відсутність лінійної кореляції між характеристиками розчинників і капілярністю оброблених тканин, що вказує на неоднозначний характер залежності між ними, що обумовлено з одного боку присутністю на тканинах суміші гідрофобних забруднень, а з другого – сорбцією органічних розчинників і можливістю їх утримування в капілярно-пористій системі волокон.

**Висновки**

Проведені дослідження свідчать про те, що розчинність неелектролітів в розчинниках і відповідно



їх мийна здатність залежать насамперед від сумарного ефекту взаємодій між молекулами розчинника і розчиненої речовини, який пов'язаний з їх полярністю. Для точної оцінки і прогнозування ефективності використання розчинників для видалення неполярних забруднень з текстильних матеріалів можна застосовувати параметри розчинності і спектроскопічні параметри полярності органічних рідин. Також використання цих параметрів дає можливість передбачити взаєморозчинність речовин і розчинника та оптимізувати склад змішаних розчинників при розробці комплексних препаратів для хімічного чищення.

## Література

1. Федорова А. Ф. Технология химической чистки : [уч. пос.] / Федорова А. Ф. – М. : Танграм, 2005. – 560 с.
2. Johnson A. E. Drycleaning / A. E. Johnson. – Watford, England: Merrow, 1971. – 45p.
3. Properties of the four most popular drycleaning solvents [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.renzacci.co.uk>.
4. Санков Б. Альтернатива ПХЭ [Електронний ресурс] / Б. Санков. – Режим доступу : <http://www.astrabalservice.ru/articles/php/php.htm>.
5. Jennifer Manning. Are there realistic dry-cleaning alternatives to Perc ? [Електронний ресурс] / Jennifer Manning. – Режим доступу : <http://EnvironmentalChemistry.com/yogi/environmental/200605drycleaning.html>.
6. Dry-Cleaning Industry. January 2004 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.integrainfo.com/ind\\_overview\\_sample.pdf](http://www.integrainfo.com/ind_overview_sample.pdf).
7. Влажная химчистка с Юргеном Васхаузенем. – ХП. – 2010. – № 2. – С. 40–43.
8. Physical properties of solvents [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.molecularinfo.com/MTM/D/D4/D4-1.html>.
9. Chemicals used in drycleaning operation [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.drycleancoalition.org/chemicals/ChemicalsUsedDrycleaningOperation.pdf>.
10. Рейнольдс В. Физическая химия нефтяных растворителей / В. Рейнольдс ; [пер. с англ. Л. Иофе, М. Гудина, А. Цитрина] ; [под ред. К. В. Верхованцева]. – Л. : Химия, 1967. – 184 с.
11. Solvent properties [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.stenutz.eu/chem/>
12. Райхардт К. Растворители и эффекты среды в органической химии / К. Райхардт ; [пер. с англ. А. А. Кирюшкина] ; [под ред. В. С. Петросяна]. – М. : Мир, 1991. – 763 с.
13. Вайсбергер А. Органические растворители / А. Вайсбергер, Э. Проскауэр, Дж. Риддик, Э. Тупс ; [пер. с англ. Н. Н. Тихомировой] ; [под ред. Я. М. Варшавского]. – М. : Изд-во ин. лит., 1958. – 519 с.
14. Flick E. W. Industrial solvents handbook / E. W. Flick. – [5 ed.]. – Westwood: NoyesData Corp., 1998. – 963p.
15. Smallwood I. M. Handbook of organic solvent properties / I. M. Smallwood. – Edinburgh: The Bass Press, 1996. – 306p.
16. Смирнова Т. А. Изучение растворяющей и моющей способности углеводородов нормального строения / Т. А. Смирнова, Л. Т. Кондратьев // Проблемы химической чистки и крашения одежды: сб. научных трудов. – М. : Изд-во ЦНИИбыта, 1983. – С. 19–22.
17. Hildebrand J. H. The solubility of nonelectrolytes / J. H. Hildebrand, R. L. Scott. – New York: Reinold Publ. Corp., 1950. – 355p.
18. Волков В. А. Поверхностно-активные вещества в моющих средствах и усилителях химической чистки / В. А. Волков. – М. : Легпромбытиздат, 1985. – 200с.
19. Hansen C. M. Hansen solubility parameters [Електронний ресурс] / С. М. Hansen. – Режим доступу : <http://www.hansen-solubility.com/>
20. Гуриков Ю. В. О природе сольватирующей способности растворителей / Ю. В. Гуриков // ЖФХ. – 1986. – Т. LX. – № 5. – С. 1153–1157.
21. Гуриков Ю. В. Универсальная шкала полярности растворителей / Ю. В. Гуриков // ЖФХ. – 1980. – Т. LIV. – № 5. – С. 1223–1227.
22. Reichardt C. Solvatochromic dyes as solvent polarity indicators / C. Reichardt // Chem. Rev. – 1994. – V. 94. – P. 2319-2358.
23. Kamlet M. J. The solvatochromic comparison method. 6. The  $\pi^*$  scale of solvent polarities / M. J. Kamlet, J. L. Abboud, R. W. Taft // J. Amer. Chem. Soc. – 1977. – V. 99. – № 18. – P. 6027-6038.
24. Swain C. G. Solvent effects on chemical reactivity. Evaluation of anion- and cation-solvation components / C. G. Swain, M. S. Swain, A. L. Powell, S. Alunni // J. Amer. Chem. Soc. – 1983. – V. 105. – № 3. – P. 502-513.
25. Gutmann V. Coordination reaction in non-aqueous solution the role of the donor strength / V. Gutman, E. Wychera // Inorg. Nucl. Chem. Letters. – 1966. – V. 2. – № 9. – P. 257-260.
26. Winstein S. The correlation of solvolysis rates and classification of solvolysis reactions into mechanistic categories / S. Winstein, E. Grunwald, H. Walter Jones // J. Amer. Chem. Soc. – 1951. – V. 73. – № 6. – P. 2700-2707.
27. Web of solvents [Електронний ресурс]. – Режим доступу :

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/catalan/Web-solvents.html](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/catalan/Web-solvents.html).

28. Shyder L. R. Classification of the solvent properties of common liquids / L. R. Shyder // J. Chromatogr. Sci. – 1978. – V. 16 (June). – P. 223–234.

29. Паркер А. Д. Влияние сольватации на свойства анионов в диполярных апротонных растворителях / А. Д. Паркер // Успехи химии. – 1963. – Т. 32. – № 10. – С. 1270–1295.

Надійшла 22.8.2011 р.

УДК 677.31.02

В.А. ВОЛКОВ

Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина

А.А. АГЕЕВ

Институт Мировой экономики и информатизации

Н.И. МИТАШОВА

Московский государственный университет инженерной экологии

М.С. КИБАЛОВ

Российский университет туризма и сервиса

## АДСОРБЦИЯ И МОЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ СТИРКИ

*В работе рассмотрены закономерности моющего действия материалов во время стирки. Этот сложный процесс включает в себя ряд стадий, таких как капиллярная пропитка тканей, избирательное смачивание загрязненных волокон, адсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ) на различных поверхностях раздела фаз и сворачивание масляных загрязнений в капли, эмульгирование масляных и диспергирование твердых загрязнений, стабилизация отмытых капель и частиц, предотвращение осаждения отмытых загрязнений обратно на ткани (антиресорбция), удаление дисперсий и эмульсий отмытых загрязнений из моющей ванны. После стирки текстильные изделия подвергают полосканию, цель которого отмыть оставшиеся ПАВ от тканей, так как они оказывают вредное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.*

*A washing effect is a complex physics-chemical process including some successive and parallel stages, such as wetting and capillary filling of textiles, preferable wetting of dirty fibres, adsorption of surfactants on various surfaces in phase division and turning dirty pieces into drops, amalgamation of oily and firm dirt, stabilization of cleaned drops and particles and turning the sedimented cleaned pieces back onto the textiles (antiresorption), taking dispersions and emulsions of cleaned pieces out of the washing bath. After this textiles are washed some times to get rid of the left surfactants. Sewage contains surfactants which can pollute the environment and make a harmful influence on people's health. This paper presents the results of our research, describes the interrelations between the surfactants and the washing effect, defines the amount of surfactants in sewage and how much they are toxic.*

Ключевые слова: моющее действие, поверхностно-активные вещества, смачивание, капиллярность, эмульгирование, диспергирование, стабилизация, антиресорбция, токсичность, сточная вода.

### Введение

Наши многолетние исследования показали важную роль адсорбции ПАВ в моющем процессе [1]. Но в процессе стирки подчас значительная часть ПАВ остается на тканях, в результате чего в последствии может контактировать с телом человека, а другая часть ПАВ выделяется со сточными водами и попадает в открытые водоемы, оказывая влияние на жизнедеятельность водных организмов (гидробионтов). В этой связи возникает задача по определению количества ПАВ в сточных водах от стирки и полоскания с целью возможного возврата воды в технологический процесс, экономии её и снижения нагрузки на окружающую среду.

Цель настоящей работы – обсуждение результатов наших исследований по связи адсорбции ПАВ на тканях и моющего действия, а также определению количества ПАВ в сточной воде стирки и полоскания и токсичности этих стоков.

### Постановка задачи исследования

Результатам исследования адсорбции ПАВ из растворов на волокнах тканей мы посвятили отдельную книгу [2], поэтому здесь рассмотрим только связь адсорбции и моющего действия, что представляет собой сложную и самостоятельную проблему.

Изучение влияния природы ПАВ, состава моющих композиций и температуры на удаление масляных загрязнений и связанных с маслом дисперсных загрязнений с различных субстратов привлекало ранее и привлекает сейчас пристальное внимание исследователей [1, 3]. Наиболее простой случай – удаление масла растворами ПАВ с поверхности металла, стекла и полимерных пленок изучен в работах А.Ф.Корецкого [3]. Такое исследование можно легко контролировать по величине краевого угла избирательного смачивания гладкой поверхности субстрата каплей масла в водном растворе ПАВ.

Удаление масляных загрязнений с тканей существенно более сложный процесс, чем отмывание гладких поверхностей субстратов от масла, поскольку ткани представляют собой капиллярно-пористые системы с развитой капиллярной структурой, содержащей капилляры и поры с широким распределением по размерам [4].