

УДК 543.422:543.422

Русин В.М., к.х.н., доц.

МОЖЛИВІСТЬ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ОСНОВНИХ БАРВНИКІВ ТОРГОВОЇ МАРКИ «БАЗАКРИЛ» ПРИ ВИЗНАЧЕННІ АНІОННИХ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул.Підгірна, 46; 88000,
м.Ужгород, Україна;
e-mail: vasilina.lavra@uzhnu.edu.ua

В даному дослідженні показана перспективність використання барвників торгової марки «Базакрил» у спектрофотометричному аналізі. А саме використання їх, як ефективних реагентів при визначенні аніонних поверхнево-активних речовин, зокрема децил-, додецил- та тетрадецилсульфату натрію. Досліджені барвники характеризуються достатньо високою інтенсивністю забарвлення в широких межах зміни кислотності середовища і за цими властивостями не поступаються більшості відомих основних барвників, які використовуються в аналітичній практиці. Досліджено кінетичні фактори екстракції. Як результат - рівновага екстракції встановлюється вже за 10 - 30 с перемішування фаз і практично не залежить від використаного екстрагенту, а 1-3 хв центрифугування, достатньо для повного розділення фаз. Оптична густина екстрактів утворених ІА не змінюється протягом 2 годин. Встановлено, що такі барвники проявляють здатність до утворення ІА з АПАР і можуть служити аналітичними реагентами для їх визначення. Встановлені оптимальні умови утворення та екстракції ІА АПАР з новими барвниками. Запропонована нова, проста та експресна методика по визначенню АПАР у різноманітних зразках стічних та природних вод, миючих засобах, тощо. Межа виявлення складає 0,23 мг/л, визначенню не заважають іони Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , PO_4^{3-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+}

Ключові слова: барвники; спектрофотометрія; іонний асоціат; протолітичні властивості; спектрофотометричні властивості.

Барвники відомі людству ще з давніх часів. Їх практичне використання з розвитком науки набуло цілком ного змісту. Не зважаючи на велику кількість наукових робіт щодо даного класу речовин, вони залишаються цікавими для науковців всього світу.

Слід відмітити, що важливою властивістю катіонних барвників, з точки зору аналітичної хімії, є їх можливість зв'язуватися з аналітом аніонної структури, у більш ефективні аналітичні форми для їх подальшого визначення. Зокрема, в аналітичній хімії ці органічні речовини широко використовуються як ефективні реагенти для визначення багатьох класів сполук, в тому числі й поверхнево-активних речовин (ПАР).

Широкий спектр наукових робіт використовує в якості таких реагентів

поліметинові чи азобарвники [1]. Вони характеризуються високою контрастністю, є придатними для використання в достатньо широких інтервалах зміни кислотності середовища, є стійкими в часі.

Так, до прикладу нами вже розроблено нову та просту методику для визначення аніонних поверхнево-активних речовин з астрафлосином FF. Визначення може проводитися в широких межах кислотності середовища – рН 3–8, з подальшою рідинно-рідинною мікроекстракцією утвореного іонного асоціату в органічну фазу, що містить суміш тетраклорметану та дихлоретану (4 :1) і подальше виявлення УФ-видимого діапазону при 555 нм. Лінійність градууювального графіку лежить в діапазоні 0,006–0,29 мг/л додецилсульфату натрію. Межа виявлення (LOD), розрахована на основі 3S критерію, становить 0,002 мг/л.

Метод застосовано для визначення аніонних ПАР у пробах стічних вод [2].

Іншою простою, високоефективною, селективною та експресною методикою по визначенню аніонних ПАР, є методика з використанням хінальдінового червоного в якості реагенту. Даний барвник характеризується високою стабільністю в лужних середовищах, що дозволяє використовувати його в широких інтервалах зміни кислотності середовища.

Дане дослідження поєднує в собі мікроекстракційне розділення, концентрування та подальше спектрофотометричне визначення додецилсульфату натрію у вигляді іонного асоціату з хінальдіновим червоним. Найбільш ефективними екстрагентом виявилася суміш тетрахлорметану з дихлоретаном чи хлороформом, що дало змогу досягнути 10-50-кратне концентрування додецилсульфату натрію мікрооб'ємом органічної фази.

Стійкість забарвлення екстрактів утворених іонних асоціатів складає не менше 1 год. Тобто протягом даного часу аналітичний сигнал практично не змінюється. Визначенню не заважають фториди, хлориди, броміди, сульфати, нітрати, перхлорати та ряд інших йонів [3].

Зрозуміло, що існує велика кількість методів по визначенню ПАР у різноманітних

зразках [4]. Та серед них, слід виокремити достатньо ефективні спектрофотометричні методики, часто в поєднанні із екстракцією, з використанням метиленового синього [5-10]. Проте, вони не завжди володіють достатніми метрологічними характеристиками, а отже розробка нових, експресних, селективних та чутливих методик по визначенню аніонних ПАР з новими реагентами є актуальним завданням сьогодення.

Відомим є той факт, що при утворенні іонного асоціату барвників з визначуваною речовиною, велику роль відіграє їх стан у середовищі, до прикладу, раніше вже вивчалися деякі поліметинові барвники у водних та водно-органічних фазах [11-13].

Тому, першим завданням, яке передусе розробці нової методики є саме вивчення та встановлення оптимальних умов, при яких спостерігається найбільш ефективно вилучання іонного асоціату барвника з аналітом.

Серед таких чинників є основні спектрофотометричні та протолітичні характеристики, що вже були вивчені попередньо [14]. У даній роботі, досліджено основні спектрофотометричні та протолітичні властивості трьох основних барвників торгової марки «Базакрил». Вони представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Спектрофотометричні і протолітичні властивості основних барвників

Барвник	λ_{\max} , нм			$\epsilon \times 10^4$			pK _{np}		pK _r		Літера-тура
	R ⁺	RH ₂ ⁺	RON	R ⁺	RH ₂ ⁺	RON	розрах	граф	розрах	граф	
БР	515	370	300	1,85	0,60	0,68	-0,11	-0,06	11,42	11,50	[14]
БР	510	460	430	1,90	0,39	0,24	-0,20	-0,23	9,58	9,67	
БР	417	-	345	1,95	0,90	1,2	-1,10	-1,20	12,10	12,33	

*Назви і формули барвників приведені у таблиці 2

Найбільш стійким щодо протолітичних перетворень є барвник Basacryl Yellow (БР). Як результат, показана перспективність використання барвників Basacryl Red G1 (БР), Basacryl Brilliant Red 4-4G (БРР), Basacryl Yellow (БР), як ефективних реагентів для

визначення поверхнево-активних речовин аніонної природи спектрофотометрично.

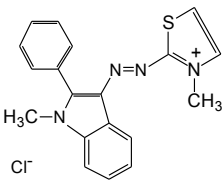
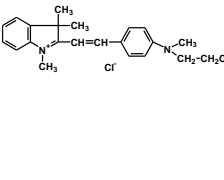
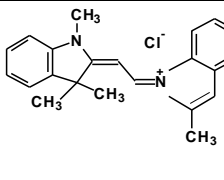
Метою даної роботи є практичне використання даного класу барвників для визначення аніонних поверхнево-активних

речовин, а саме розробка нової методики для їх визначення у воді.

Експериментальна частина

В роботі використано три нових барвника торгової марки «Базакрил», структурні формули і назви яких, представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Використані барвники

Назва	Структурна формула
3-метил-2-[(Е)-(1-метил-2-феніл-1-Н-індол-3-іл)діазеніл]-1,3-тіазол-3-іум хлорид, Basacryl Red GI (БР)	
2-[(2-{4-[2-ціаноетил(метил)аміно]феніл}етаніл)-1,3,3-триметил-3Н-індолю хлорид, Basacryl Brilliant Red 4-4G (ББР)	
2-метил-1-[-2-(1,3,3-триметил-1,3-дигідро-2Н-індол-2-іл)ден]етиліден]-2,3-дигідро-1Н-індолю хлорид, Basic Yellow 21 (БГ)	

У роботі були використані $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л розчини АПАР, а саме децилсульфат натрію (ДС), додецилсульфат натрію (ДДС) та тетрадецилсульфат натрію (ТДС), які готували розчиненням точної наважки комерційних препаратів в бідистиляті. Розчини з меншою концентрацією готували відповідним розведенням бідистилятом вихідних безпосередньо перед проведенням досліджень.

Назви та формули досліджених АПАР приведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Використані ПАР

Назва	Склад і формула
Децилсульфат натрію (ДС)	$C_{10}H_{21}OSO_3Na$
Додецилсульфат натрію (ДДС)	$C_{12}H_{25}OSO_3Na$
Тетрадецилсульфат натрію (ТДС)	$C_{14}H_{29}OSO_3Na$

Необхідну кислотність середовища створювали ацетатно-аміачними буферними сумішами, а також введенням розчинів HCl чи H_2SO_4 , NaOH. Реакцію утворення та екстракції іонних асоціатів проводили в градуйованих пробірках з притертими пробками або ділильних лійках. Для цього в пробірки вводили певні кількості розчинів компонентів (АПАР, барвника), створювали відповідну кислотність середовища і доводили об'єм до 5 мл.

В пробірки з притертим корком вносять аналізований розчин з певним вмістом АПАР, додають 0,5 мл $1 \cdot 10^{-3}$ М розчину барвника, 0,5 мл буферного розчину з рН 5 і розводять водну фазу бідистилятом до 5 мл. Вміст пробірок екстрагують протягом 30-60 секунд.

Виділяють органічну фазу за допомогою ділильних лійок, після розділення фаз екстракт відділяли, центрифугували, а тоді фотометрували. Оптичну густина екстрактів ІА вимірювали на спектрофотометрі (Specol 11 чи SHIMADZU UV-2600) при максимальній довжині світлопоглинання. Паралельно проводили контрольний дослід (без АПАР).

Вміст АПАР визначають за градувальним графіком, побудованим в аналогічних умовах. Як приклад, на рисунку 4 представлено таку залежність на прикладі барвника ББР. В даному випадку об'єм водної фази співвідносився до об'єму органічної як 5:1.

Проте, з метою переходу до мікроекстракційної техніки, випробувано також співвідношення об'єму водної фази до об'єму органічної як 5:0,5 та 5:0,1. Аналогічні залежності отримані і для БГ та БР, при таких же співвідношеннях. Результати аналізу показали гарну кореляцію між отриманими результатами за рівнянням прямої градувального графіку та коефіцієнтом кореляції. Розраховано метрологічні характеристики екстракційно-спектрофотометричного визначення АПАР з «Базакрилами»

Результати та їх обговорення

Відомо, що на утворення та екстракцію іонного асоціату АПАР з барвником впливає ряд факторів, таких, як концентрація

барвника, іонна сила розчину, температура, правильний вибір екстрагенту, тощо.

Для отримання максимального аналітичного сигналу слід було дослідити та встановити їх. Чи не найважливішим з них, є дослідження кислотності середовища, адже саме цей фактор впливає на стан барвника у водному розчині.

Для встановлення числа протонів, що приєднуються до однозарядних катіонів барвників, використовували залежність оптичної густини розчинів барвників від кислотності середовища рН (рис. 1), з якого видно, що йонні форми барвників переважають в широкому діапазоні зміни значень рН. Іншим, не менш важливим фактором є вплив концентрації реагенту, що зв'язується з аналітом. Дана залежність показана на рисунках 2 і 3. Слід відмітити, що на рисунку 1, наведено залежність впливу концентрації барвника на аналітичний сигнал у водному середовищі, з якого видно, що із збільшенням концентрації «Базакрилів» збільшується і оптична густина., максимальне значення якої досягається при концентрації $2 \cdot 10^{-4}$ М барвника.

На рисунку 3 із збільшенням концентрації барвника зростає ефективність утворення ІА, максимальне значення екстракції ІА досягається при концентрації реагенту $(1,0 - 2,0) \cdot 10^{-4}$ М. Подальше збільшення концентрації барвника практично не впливає на оптичну густина екстрактів ІА, однак при концентраціях понад $2 \cdot 10^{-4}$ М

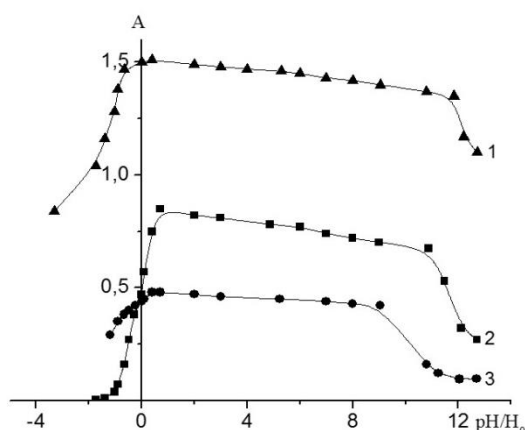


Рис.1. Вплив кислотності середовища на оптичну густина $1 \cdot 10^{-4}$ М розчинів барвників:
1 – БГ; 2 – БР; 3 – ББР, $l=1,0$ см.

починає сильно вилучатись і проста сіль барвника.

В якості екстрагенту, який би максимально ефективно вилучав ІА АПАР з барвником, випробувано ряд традиційний екстрагентів серед них, толуен, бензен, ізоамілацетат, бутилацетат та сумішей. В подальших дослідженнях була використана суміш тетрахлорметану із дихлоретаном (4:1). Хоча дихлоретан, що входив до складу екстрагуючої суміші є токсичним, проте, традиційні екстрагенти, як то бензен та толуен, є ще більш небезпечними. Також слід відзначити, що в даній суміші кількість дихлоретану складає лише одну частинку з п'яти об'ємних співвідношень, тому його шкідливий вплив є все ж меншим, як при використанні його як індивідуального розчинника. В таблиці 4 представлені деякі хіміко-аналітичні характеристики екстрактів ІА АПАР з барвниками торгової марки «Базакрил». Як видно з таблиці, ступінь вилучення утвореного ІА АПАР з барвником, при використанні суміші тетрахлорметану із дихлоретаном (4:1) зростає в ряді ББР - БР - БГ.

Досліджено також і кінетичні фактори екстракції. Як результат – рівновага екстракції встановлюється вже за 10-30 с перемішування фаз і практично не залежить від використаного екстрагенту, а 1-3 хв. центрифугування достатньо для повного розділення фаз. Оптична густина екстрактів утворених ІА не змінюється протягом 2 годин.

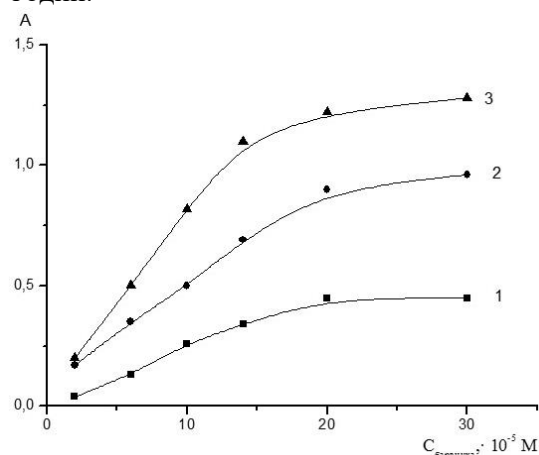


Рис.2. Вплив концентрації барвника на оптичну густина у водному середовищі: $\lambda_1=410$ нм; $\lambda_2=513$ нм; $\lambda_3=507$ нм; $V_B=5$ мл;
1 – БГ; 2 – БР; 3 – ББР, $l=0,5$ см.

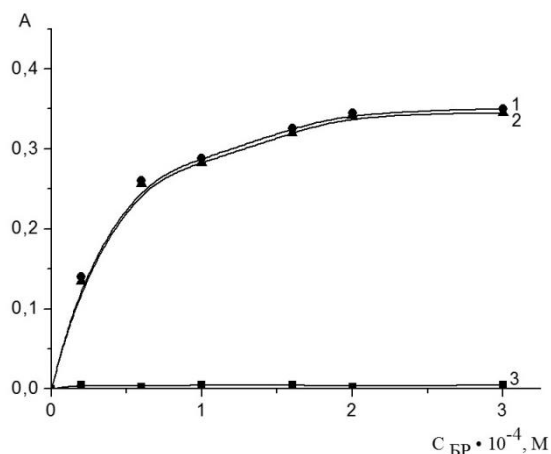


Рис.3. Вплив концентрації барвника на утворення ІА ДДС з БР: C (ДДС) = $1 \cdot 10^{-5}$ М; $V_B:V_0 = 5:1$; рН 5; екстрагент – суміш CCl_4 : хлороформ (3:2).

1 – комплекс, 2 – різниця оптичних густин, 3 – «контрольний» дослід.

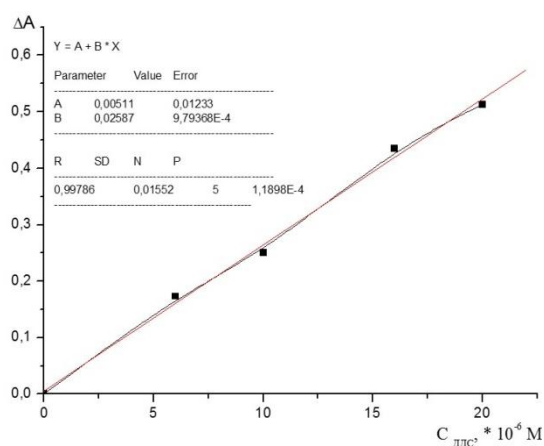


Рис.4. Градувальна залежність оптичної густини від концентрації ДДС: C (БР) = $1 \cdot 10^{-6}$ М; $V_B:V_0 = 5:0,1$; рН 5; $l = 540$ нм, екстрагент - CCl_4 : $CHCl_3$.

Таблиця 4. Хіміко-аналітичні характеристики екстрактів ІА АПАР з барвниками торгової марки «Базакрил»

Барвник	АПАР	Екстрагент	$V_B : V_0$	λ_{max} , нм	$\epsilon' \cdot 10^{-5}$	A_K/A_X	R, %
БР	ДДС	$CCl_4 : C_2H_4Cl_2$ (4:1)	5:1	534	2,02	12,4	72,5
		Бензен	5:1	537	1,39	49	65,2
		Толуен	5:1	537	0,96	37,3	63,1
БГ	ДДС	$CCl_4 : C_2H_4Cl_2$ (4:1)	5:1	418	2,45	40	89,0
		Бензен	5:1	421	2,10	–	85,9
ББР	ДДС	$CCl_4 : C_2H_4Cl_2$ (4:1)	5:1	507	1,21	2,0	55,3

Методика екстракційно-спектрофотометричного визначення АПАР у миючих засобах

Вибраний зразок миючого засобу ретельно перетирають у ступці, наважку (0,1 г) розчиняють у невеликій кількості теплої дистильованої води і кількісно переносять у колбу на 1000 мл, доводять об'єм до мітки дистильованою водою. Далі з отриманого розчину відбирають піпеткою аліквотну частину (1,0 – 5,0 мл) переносять у пробірку з притертим корком і виконують

визначення згідно методики описаної вище. Вміст АПАР визначають за градувальним графіком, побудованим в аналогічних умовах або розраховують за рівнянням прямої. Розроблена методика екстракційно-спектрофотометричного визначення АПАР з «Базакрилами» апробована на визначенні АПАР у стічних та природних водах, деяких миючих засобах та зубній пасті. Отримані результати узгоджуються з результатами, отриманими за стандартною методикою.

Методика екстракційно-спектрофотометричного визначення АПАР у водах

Відбирають аліквотну частину проби води (при необхідності її розводять) додають 0,5 мл $1 \cdot 10^{-3}$ М розчину барвника, 0,5 мл буферного розчину з рН 5 і розводять водну фазу бідистилятом до 5 мл. Вміст пробірок екстрагують протягом 60 секунд. Відділяють органічну фазу за допомогою ділільних ліжок, центрифугують при 3000 об/хв протягом 3 хв. Відділений екстракт спектрофотометрують при максимальній довжині світлопоглинання. Вміст АПАР (ДДС) визначають за градувальним графіком, побудованим в аналогічних умовах

або розраховують за рівнянням прямої. Розроблені методики з використанням нових барвників торгової марки «Базакрил» дещо поступаються за своїми метрологічними характеристиками методиці з використанням астрафлосину FF [2] наприклад, але є цілком придатними для використання для визначення АПАР у таких зразках як вода та миючі засоби.

В таблиці 5 наведені отримані результати по визначенню АПАР у деяких зразках. Отримані результати порівнювались з результатами, отриманими стандартними методиками визначення АПАР правильність результатів аналізу оцінювали також методом «введено-знайдено».

Таблиця 5. Результати визначення вмісту АПАР з барвником БР (n=5, P=0,95)

Зразок	Декларований вміст АПАР, %	Знайдено АПАР, % [5]	
		Розробленою методикою	Стандартною методикою*
Дитяча зубна паста	–	0,68±0,06	0,74±0,03
Пральний порошок	5 – 15	10,2±0,4	10,1±0,4
Шампунь	–	11,0±0,2	11,0±0,3
Таблетки для очистки зубних протезів	–	1,75±0,06	1,77±0,07
Засіб для миття посуду	5 – 15	15,1±0,13	15,5±0,15

Висновки

Встановлено, що барвники торгової марки «Базакрил» проявляють здатність до утворення ІА з АПАР і можуть служити аналітичними реагентами для їх визначення.

Встановлені оптимальні умови утворення та екстракції ІА АПАР з новими барвниками, зокрема: кислотність середовища (рН = 3-9), оптимальна концентрація барвника $(1,0 - 2,0) \cdot 10^{-4}$ М.

Вивчені кінетичні фактори, зокрема рівновага встановлюється вже за 30-60 с, а стійкість забарвлення утвореного ІА залишається незмінною протягом 1 год.

Запропонована нова, проста та експресна методика по визначенню АПАР у миючих засобах та воді.

Список використаних джерел

1. Bazel Ya.R., Andruch V. Spektrofotometrické metody stanovenia prvkov zásaditými farbivami –

súčasný stan a trendy. *Chem. Listy*. 2006, 100(9), 784–789.

2. Lavra V., Bazel Y., Badida M., Andruch V. Liquid-liquid microextraction and spectrophotometric determination of anionic surfactants using Astra Phloxine FF. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2015, 95(3), 217–224. Doi: 10.1080/03067319.2014.1002488.

3. Lavra V.M. Microextraction separation, preconcentration and spectrophotometric determination of sodium dodecyl sulfate as an ion associate with quinaldine red. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series Chemistry*. 2014, 22(1), 45–51. Doi: 10.15421/081404.

4. Bazel Ya.R., Antal I.P., Lavra V.M., Kormosh Zh.A. Methods for the determination of anionic surfactants. *J. Anal. Chem.* 2014, 69, 211–236. Doi: 10.1134/S1061934814010043.

5. Water quality - Determination of surfactants - Part 1: Determination of anionic surfactants by measurement of the methylene blue index (MBAS) International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland:ISO 7875-1:1996.

6. Water quality - Determination of the methylene blue active substances (MBAS) index - Method using

continuous flow analysis (CFA), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland: ISO 16265:2009.

7. American society for testing and materials (ASTM), ASTM D2330 – 02, standard test method for methylene blue active substances. Annual book of ASTM standards, 2002. volume 11.02.

8. Jurado E., Fernández-Serrano M., Núñez-Olea J., Luzón G., Lechuga M. Simplified spectrophotometric method using methylene blue for determining anionic surfactants: Applications to the study of primary biodegradation in aerobic screening tests. *Chemosphere*. 2006, 65(2), 278. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2006.02.044.

9. Chitikela S., Dentel S.K., Allen H.E. Modified method for the analysis of anionic surfactants as Methylene Blue active substances. *Analyst*. 1995, 120(7), 2001.

10. Koga M., Yamamichi Y., Nomoto Y., Irie M., Tanimura T., Yoshinaga T. Rapid Determination of Anionic Surfactants by Improved Spectrophotometric

Method Using Methylene Blue. *Anal. Sci.* 1999, 15(6), 563. Doi: 10.2116/analsci.15.563.

11. Andruch V., Balogh I., Bazel Ya., Billes F., Kádár M., Karosi R., Parlagh G., Posta J., Simon A., Serbin R., Torok M. Investigation of the Acid-base Properties of 2-[2-(4-Methoxy-phenylamino)-vinyl]-1,3,3-trimethyl-3H-indolium reagent. *Acta Chim. Slov.* 2007, 54 (3), 551–557.

12. Kormosh Z., Bazel Y., Tolmachov A. The state and chemico-analytical properties of certain polymethine dyes in aqueous solutions. *Acta Chim. Slov.* 2002, 49, 795–804.

13. Lesková M., Bazel Ya., Torok M., Studenyak Ya. Structure and properties of 2-[(E)-2-(4-dipropylaminophenyl)-1-ethenyl]-1,3,3-trimethyl-3Hindolium chloride. *Chemical Papers*. 2013, 67(4), 415–422. Doi: 10.2478/s11696-012-0290-8.

14. Лавра В.М., Речло М., Базель Я.Р. Хіміко-аналітичні властивості основних барвників торгової марки "Базакрил". *Наук. вісник Ужгород. ун-ту. Сер. Хімія*. 2013, 29(1), 46–49.

Стаття надійшла до редакції: 13.06.2023

THE POSSIBILITY OF EFFECTIVE USE OF BASIC DYES OF THE "BAZAKRYL" TRADEMARK IN THE DETERMINATION OF ANIONIC SURFACTANTS

Rusyn V.M.

*Uzhhorod National University, 88000 Uzhhorod, Pidhirna str. 46;
e-mail: vasilina.lavra@uzhnu.edu.ua*

This study shows the prospects of using "Bazacryl" brand dyes in spectrophotometric analysis. On the basis of previous studies, their main spectrophotometric and protolytic characteristics have already been established, which made it possible to find out the optimal conditions for the formation of ionic associates of anionic surfactants with "Bazakrils". The studied dyes are characterized by a sufficiently high color intensity within a wide range of changes in the acidity of the medium, and in terms of these properties, they are not inferior to the majority of known basic dyes used in analytical practice. The kinetic factors of extraction were studied. As a result, the extraction equilibrium is established after 10-30 seconds of mixing the phases and practically does not depend on the used extractant, but 1-3 min. centrifugation is sufficient for complete phase separation. The optical density of the extracts of the formed IA does not change within 2 hours. It was established that such dyes show the ability to form IA from APAR and can serve as analytical reagents for their determination. The optimal conditions for the formation and extraction of IA APAR with new dyes have been established. A new, simple and rapid method for determining APAR in various samples of wastewater and natural waters, detergents, etc. is proposed.

Keywords: dyes; spectrophotometry; ionic associate; protolytic properties; spectrophotometric properties.

References

1. Bazel Ya.R., Andruch V. Spektrofotometrické metódy stanovenia prvkov zásaditými farbivami – súčasný stan a trendy. *Chem. Listy*. 2006, 100(9), 784–789.

2. Lavra V., Bazel Y., Badida M., Andruch V. Liquid–liquid microextraction and spectrophotometric determination of anionic surfactants using Astra Phloxine FF. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2015, 95(3), 217–224. Doi: 10.1080/03067319.2014.1002488.
3. Lavra V.M. Microextraction separation, preconcentration and spectrophotometric determination of sodium dodecyl sulfate as an ion associate with quinaldine red. *Bulletin of Dnipropetrovsk University. Series Chemistry.* 2014, 22(1), 45–51. Doi: 10.15421/081404.
4. Bazel Ya.R., Antal I.P., Lavra V.M., Kormosh Zh.A. Methods for the determination of anionic surfactants. *J. Anal. Chem.* 2014, 69, 211–236. Doi: 10.1134/S1061934814010043.
5. Water quality - Determination of surfactants - Part 1: Determination of anionic surfactants by measurement of the methylene blue index (MBAS) International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland:ISO 7875-1:1996.
6. Water quality - Determination of the methylene blue active substances (MBAS) index - Method using continuous flow analysis (CFA), International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland: ISO 16265:2009.
7. American society for testing and materials (ASTM), ASTM D2330 – 02, standard test method for methylene blue active substances. Annual book of ASTM standards, 2002. volume 11.02.
8. Jurado E., Fernández-Serrano M., Núñez-Olea J., Luzón G., Lechuga M. Simplified spectrophotometric method using methylene blue for determining anionic surfactants: Applications to the study of primary biodegradation in aerobic screening tests. *Chemosphere.* 2006, 65(2), 278. Doi: 10.1016/j.chemosphere.2006.02.044.
9. Chitikela S., Dentel S.K., Allen H.E. Modified method for the analysis of anionic surfactants as Methylene Blue active substances. *Analyst.* 1995, 120(7), 2001.
10. Koga M., Yamamichi Y., Nomoto Y., Irie M., Tanimura T., Yoshinaga T. Rapid Determination of Anionic Surfactants by Improved Spectrophotometric Method Using Methylene Blue. *Anal. Sci.* 1999, 15(6), 563. Doi: 10.2116/analsci.15.563.
11. Andruch V., Balogh I., Bazel Ya., Billes F., Kádár M., Karosi R., Parlagh G., Posta J., Simon A., Serbin R., Torok M. Investigation of the Acid-base Properties of 2-[2-(4-Methoxy-phenylamino)-vinyl]-1,3,3-trimethyl-3H-indolium reagent. *Acta Chim. Slov.* 2007, 54 (3), 551–557.
12. Kormosh Z., Bazel Y., Tolmachov A. The state and chemico-analytical properties of certain polymethine dyes in aqueous solutions. *Acta Chim. Slov.* 2002, 49, 795–804.
13. Lesková M., Bazel Ya., Torok M., Studenyak Ya. Structure and properties of 2-[(E)-2-(4-dipropylaminophenyl)-1-ethenyl]-1,3,3-trimethyl-3Hindolium chloride. *Chemical Papers.* 2013, 67(4), 415–422. Doi: 10.2478/s11696-012-0290-8.
14. Lavra V.M., Rechlo M., Bazel Ya.R. Chemical-analytic properties of the basic dyes trademark «Bazakryl». *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series «Chemistry».* 2013, 29(1), 46–49 (in Ukr).