

## Література

1. Коринько І.В., Горох Н.П., Пилиграмм С.С. Система моніторингу джерел використаної тари та упаковки як вторичного сиров'язь Харківського регіону//Екологія та виробництво. Вересень 2002 р. - С.57–61.
2. Бабаєв В.Н., Горох Н.П., Коваленко Ю.Л., Шутенко Л.Н. и др. Полимерные отходы в коммунальном хозяйстве города. - Харьков: ХНАГХ. -2004, - 375 с.
3. Касимов А.М., Семенов В.Т., Александров А.Н., Коваленко А.М. Твердые бытовые отходы. Технологии и оборудование. Проблемы и решения. –Х.: ХНАГХ, 2007, -338 с.

*Проведено аналіз існуючих методів контролю концентрації поверхнево-активних речовин у водних розчинах. Розглянуті особливості контролю концентрації поверхнево-активних речовин за динамічним поверхневим натягом*

*Ключові слова: поверхневий натяг, концентрація, адсорбція*

*Проведено анализ существующих методов контроля концентрации поверхностно-активных веществ в водных растворах. Рассмотрены особенности контроля концентрации поверхностно-активных веществ по динамическому поверхностному натяжению*

*Ключевые слова: поверхностное натяжение, концентрация, адсорбция*

*The analysis existent methods control of concentration of superficially active substances is conducted in aquatic solutions. The features control of concentration superficially active substances are considered on a run-time surface-tension*

*Key words: surface-tension, concentration, adsorption*

УДК 691.3.07

# КОНТРОЛЬ КОНЦЕНТРАЦІЇ ПОВЕРХНЕВО- АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗЧИНАХ І ВОДНИХ СТОКАХ

А.О. Малько

Аспірант

Кафедра «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції»

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна, 76019

Контактний тел.: (034) 252-07-72

E-mail: kokakola@ukr.net

## 1. Вступ

Поверхнево-активні речовини (ПАР) - хімічні речовини, які знижують поверхневий натяг рідини, полегшуючи розтікання і знижують міжфазний натяг на межі двох рідин. Молекули ПАР концентруються під дією молекулярних сил (адсорбуються) на поверхні розділу фаз за рахунок зниження поверхневої енергії. Масове виробництво ПАР почалося ще на початку двадцятого століття і на сьогоднішній день існує величезна кількість їх різновидностей, у початку двадцятого століття загальний об'єм виробництва даних речовин склав біля 20 млн. тон і за прогнозами кількість їх виробництва щорічно збільшується приблизно на 6%.

Контроль концентрації поверхнево-активних речовин необхідний у багатьох галузях людської життєдіяльності де знайшли своє використання ПАР. В медицині вимірювання поверхневого натягу (ПН) біологічних рідин (крові, лімфи, ліквору, жовчі, плазми, сироватки, сечі, навколоплідної рідини) є новим методом лабораторної діагностики захворювань людини. Також важливе значення відіграє ПН у галузі виробництва цукру, де ПАР використовуються в процесах миття цукрової сировини, при інтенсифікації цукрування, для припинення спіювання, підвищення швидкості кристалізації цукру. Тут збільшення концентрації ПАР здебільшого знижує якість розчинів та призводить до їх економічно невиправданої витрати, що підвищує собівартість того чи іншого процесу, тому

виникає потреба підвищення вірогідності контролю ПН для забезпечення високої якості розчинів в результаті встановлення концентрації ПАР.

Також ПАР знайшли своє використання в хімічній, нафтохімічній, харчовій промисловості, при виробництві косметичних препаратів і інших технологічних процесах їх застосовують для самих різних цілей: в якості миючих агентів, для стабілізації дисперсних систем - емульсій, пін, суспензій, для пониження міцності поверхні оброблюваних матеріалів, флотації, для покриття поверхонь з метою гідрофобізації при нафтовидобутку, як компоненти гідроізоляційних і антикорозійних покриттів, і т. д.

Кількість ПАР у навколишньому середовищі постійно збільшується, що призводить до негативних наслідків, зокрема до погіршення здоров'я населення, тому потрібен постійний контроль вмісту і концентрації ПАР у водних розчинах, зокрема у воді.

Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є створення автоматизованої системи контролю та прогнозування динаміки розподілу включень при використанні технологічних розчинів та вмісту ПАР у водних стоках за контролем їх поступлень при викиді. В даній статті запропоновано новий метод вимірювання концентрації ПАР у рідких розчинах через вимірювання динамічного поверхневого натягу (ДПН) на границі розділу фаз рідина-газ за максимальним тиском у газовій бульбашці, метод пульсуючого меніска [1]. Даний метод базується на існуванні однозначної залежності між поверхневим натягом та максимальним тиском у меніску. Значення ДНП є функцією концентрації поверхнево активних речовин (ПАР) у контрольованому водному розчині.

## 2. Огляд сучасних методів дослідження концентрації поверхнево-активних речовин в водних розчинах

На даний час існує ряд методів дослідження концентрації ПАР у водних і рідинних розчинах, найбільш розповсюдженим з яких є хімічний метод, який полягає в тому, що до проб рідини (води) додаються хімічні реагенти, а надалі проводиться спостереження за хімічною реакцією. Одним з різновидів хімічного методу є дослідження адсорбції ПАР з допомогою вуглецевих сорбентів при змінній температурі, тобто встановлено, що з підвищенням температури при низьких концентраціях ПАР адсорбція зменшується, а при високих збільшується. Але при низьких рівноважних концентраціях вплив температури майже не помітний, також слід зазначити, що ефект адсорбції для неіонних ПАР залежить від їх розчинності [2], тобто даний метод можна застосувати лишень в певному діапазоні концентрацій ПАР у рідині і певних сполук. До того ж слід зазначити, що реакція проходить лишень в певному об'ємі рідини, а якщо враховувати, що з часом потік рідини і вміст ПАР у ній змінюється. То даний метод потребує періодичного взяття проб речовини, що виключає можливість оперативного контролю і автоматизації процесу.

Існують також методи визначення концентрації ПАР у рідинах, що засновані на вимірюванні молярної електричної провідності. Але дані методи можна застосувати при дуже високих концентраціях вмісту

ПАР у рідинні, коли починається утворення міцел, при так званій критичній концентрації міцелоутворення (ККМ). ККМ – це концентрація ПАР, при якій в його розчині виникає велике число міцел, що перебувають в термодинамічній рівновазі з молекулами (іонами), і різко змінюється ряд властивостей розчинів [3]. Тому даний метод не підходить для дослідження малих концентрацій ПАР, таких які присутні в водних розчинах стічних вод.

Концентрація ПАР речовин залежить від значення поверхневого натягу (ПН) речовин, на основі цієї залежності існує метод, який полягає у вимірюванні динамічного поверхневого натягу (ДПН) і подальшому переході по однозначній залежності до значення концентрації ПАР у речовині.

В рідких розчинах ПН  $\sigma$  є функцією від концентрації розчиненої речовини. На рис. 1 представлено три можливі залежності поверхневого натягу від концентрації розчину (тобто ізотерми поверхневого натягу).

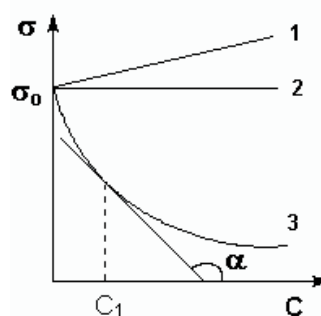


Рис. 1. Ізотерми поверхневого натягу розчинів ПАР (1,2) і поверхнево-інактивними речовини (3), які зменшують ПН

Зменшення поверхневого натягу і, отже, поверхневої енергії відбувається в результаті адсорбції ПАР на поверхні розділу рідина - повітря, тобто того, що концентрація поверхнево-активної речовини в поверхневому шарі розчину виявляється більше, ніж в глибині розчину.

Кількісною мірою адсорбції на межі рідина-газ являється поверхневий надлишок  $\Gamma$  (гамма), рівний числу молей розчиненої речовини в поверхневому шарі. Кількісне співвідношення між адсорбцією (поверхневим надлишком) розчиненої речовини і зміною поверхневого натягу розчину з ростом концентрації розчину визначає ізотерма адсорбції Гіббса:

$$\Gamma = \frac{C}{RT} \frac{d\sigma}{dC} \quad (1)$$

Графік ізотерми адсорбції ПАР представлений на рис. 2.

З рівняння (1) виходить, що напрям процесу - концентрація речовини в поверхневому шарі або, навпаки, знаходження його в об'ємі рідкої фази - визначається знаком похідної  $\frac{d\sigma}{dC}$ . Негативна величина цієї похідної відповідає накопиченню речовини в поверхневому шарі ( $\Gamma > 0$ ), позитивна - меншій концентрації речовини в поверхневому шарі в порівнянні з його концентрацією в об'ємі розчину.

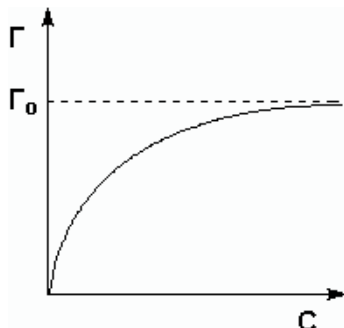


Рис. 2. Ізотерма адсорбції ПАР на границі розділу фаз рідина-газ

Величину  $g = -\frac{d\sigma}{dC}$  називають також поверхневою активністю розчиненої речовини. Поверхневу активність ПАР при деякій концентрації  $C_1$  визначають графічно, проводячи дотичну до ізотерми поверхневого натягу в точці  $C = C_1$ ; при цьому поверхнева активність чисельно дорівнює тангенсу кута нахилу дотичної до осі концентрацій:

$$g = -\frac{d\sigma}{dC} = \operatorname{tg}\alpha. \tag{2}$$

Отже, з ростом концентрації поверхнева активність ПАР зменшується. Тому поверхнева активність речовини зазвичай визначають при нескінченно малій концентрації розчину; в цьому випадку її величина, що позначається  $g_0$ , залежить тільки від природи ПАР і розчинника. Досліджуючи поверхневий натяг водних розчинів органічних речовин, Траубе і Дюкло встановили для гомологічних рядів поверхнево-активних речовин наступне емпіричне правило: у любому гомологічному рядку при малих концентраціях подовження вуглеводного ланцюжка на одну групу  $\text{CH}_2$  збільшує поверхневу активність в 3-3,5 рази.

Для водних розчинів жирних кислот залежність поверхневого натягу від концентрації описується емпіричним рівнянням Шишковського:

$$\Delta\sigma = b \cdot \ln\left(\frac{C}{K} + 1\right), \tag{3}$$

де  $b$  і  $K$  – емпіричні постійні, до того ж слід вважати, що значення  $b$  є однаковим для усього гомологічного ряду, а величина  $K$  збільшується для кожного наступного члену ряду в 3-3,5 рази [4].

До динамічних і напівстатичних способів дослідження ПН, тобто визначення ДПН відносять: сталагмометричний, або метод підрахунку крапель; метод максимального тиску в газовій бульбашці; метод об'єму краплі; метод осцилюючого потоку; метод капілярних хвиль, Метод Дю Нуї (метод відриву кільця).

**Сталагмометричний, або метод підрахунку крапель.**

Сталагмометрический метод заснований на вимірюванні маси крапель  $P$ , що утворюються при витіканні рідини з вертикальної трубки з радіусом вихідного отвору  $g$ .

Розрахунок проводять по формулі:

$$\sigma = \frac{P}{2\pi r} f\left(\frac{r}{a}\right), \tag{4}$$

де  $f\left(\frac{r}{a}\right)$  - деяка функція, що визначається з таблиць Гаркінса і Брауна,  $a$  - капілярна постійна.

Якщо рідини добре змочує матеріал капіляра, то, нехтують відмінністю між кутами змочування, можна проводити відносно вимірювання поверхневого натягу, використовуючи стандартну рідину. В цьому випадку зазвичай приймають, що маса краплі  $P$  у момент відриву пропорційна поверхневному натягу на межі розділу рідина-газ, тобто

$$P = ks, \tag{5}$$

де  $k$  - постійна даного приладу.

Масу однієї краплі визначають, через підрахунок кількості крапель ( $n$ ), що витікають із сталагмометра об'ємом  $V$ :

$$P = \frac{\rho V}{n}, \tag{6}$$

де  $\rho$  - густина рідини (речовини).

При калібровці сталагмометра слід вважати, що  $\frac{\sigma}{\sigma_0} = \frac{P}{P_0}$ , тому

$$\sigma = \sigma_0 \frac{\rho n_0}{n \rho_0}. \tag{7}$$

Таким чином, знаючи густину рідини і число витікаючих крапель, можна знайти поверхневий натяг досліджуваної рідини.

У загальному випадку сталагмометр, призначений для вимірювання поверхневого натягу на рідина - газ (повітря) складається (рис. 3) з товстостінної трубки 5 з вихідним отвором, що калібрується; кулеподібної посудини з мітками, що обмежують об'єм рідини, дозуючого пристрої 1, що дозволяє змінювати і стабілізувати швидкість витікання рідини з капіляра; спеціального пристрою, фіксуючого моменти початку і кінця витікання рідини 2; пристрою 3, яке встановлює або реєструє проміжки часу між двома краплями, що послідовно утворюються. Пристрій 4 може обробляти дані від блоків 2 і 3 і після обробки видавати результат вимірювань у вигляді значень поверхневого натягу з урахуванням поправочних коефіцієнтів.

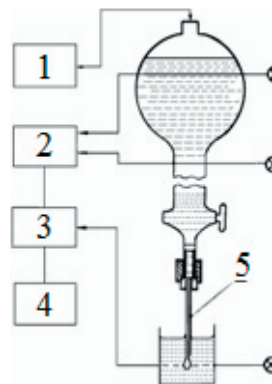


Рис. 3. Схема автоматизованого сталагмометра

До недоліків сталагмометричного методу можна віднести можливість випару рідини з поверхні крапель при їх тривалому утворенні і необхідність введення поправочних коефіцієнтів для точного визначення поверхневого натягу.

При обліку усіх поправок похибка сталагмометричного методу не перевищує 1%. Метод використовується для вимірювання напівстатичного поверхневого натягу при тривалості утворення краплі 2-10 с. На практиці допускається швидке збільшення об'єму краплі до  $V = 0,95 V_{гр}$ , де  $V_{гр}$  - граничний об'єм краплі. Подальший ріст об'єму необхідно проводити повільно – на протязі декількох хвилин. Крім того, в процесі відриву краплі через певний проміжок часу формуються дві краплі, менша з яких, відома як «сфера Плато», вона утворюється з шийки первинної краплі. Часто ця частина краплі залишається на кінці капіляра. Тому на кінці капіляра може залишатися до 40% маси краплі, що спочатку сформувалася, а відривається тільки частина краплі, яка досягла зони нестабільності. Саме це враховується поправкою  $f\left(\frac{r}{a}\right)$  [3].

**Метод капілярних хвиль.**

Довжина капілярних хвиль на поверхні рідини, що наповнює глибокий посуд, залежить від поверхневого натягу. Згідно теорії Кельвіна:

$$v^2 = \frac{g\lambda}{2\pi} + \frac{2\pi\sigma}{\rho\lambda}, \tag{8}$$

$$\sigma = \frac{\lambda^3\rho}{2\pi\tau^2} - \frac{g\lambda^3\rho}{2\pi^2}, \tag{9}$$

де  $v$  - швидкість поширення хвиль,  $g$  - прискорення вільного падіння,  $\lambda$  - довжина хвилі,  $\sigma$  - поверхневий натяг рідини,  $\rho$  - густина рідини  $\tau$  - період капілярної хвилі.

Для води мінімальна швидкість поширення хвиль при  $\lambda$  рівній 1,7, 0,1 і  $10^5$  см, складає приблизно 0,8, 2,4 і 142 км/год відповідно.

Експериментально капілярні хвилі вимірюються як стоячі хвилі. Окремі елементи рідини в поверхневому шарі здійснюють майже обертовий рух, а поверхня періодично то розтягується, то стискається. Завдяки цьому навіть у чистій рідині спостерігається затухання хвиль. В розчинах чи на поверхнях, що затягнуті плівкою, в яких перехідні стану натягу і стискання поверхні супроводжуються значними локальними змінами поверхневого натягу і переносом речовини між поверхневими шарами, затухання значно більші. За дисперсією коефіцієнта затухання (тобто по зміні його з частотою) можна вивчати поверхневий релаксаційні процеси [5].

**Метод осцилюючого потоку.**

Даний метод заснований на утворенні стоячих хвиль на струї рідини, що витікає з малого еліптичного отвору під дією постійного перепаду тиску. Форма і розмір стоячих хвиль залежать від поверхневого натягу досліджуваної рідини і розмірів еліптичного отвору.

Для розрахунку поверхневого натягу  $\sigma$  потрібно визначити довжину хвилі і надалі вести розрахунок за формулою:

$$\sigma = \frac{4\rho Q \left[ 1 + \frac{37}{34} \left( \frac{a}{b} \right)^2 \right]}{6r\lambda^2 + \frac{5}{3}\pi^3 r^3}, \tag{10}$$

де  $\rho$  - густина досліджуваної рідини,  $Q$  - затрата рідини,  $\lambda$  - довжина хвилі,  $\frac{a}{b} = \frac{r_{max} - r_{min}}{r_{max} + r_{min}}$ ,  $r = \frac{r_{max} + 2r_{min}}{2}$ ; де  $r_{max}, r_{min}$  - відповідно максимальний і мінімальний радіуси струї.

Час існування поверхні при витіканні струї обмежений проміжком  $(3-16) \times 10^{-3}$  с., що обумовлено нестійкістю струї при більшому часі існування поверхні. Точність вимірювання поверхневого натягу за цим методом залежить від розмірів еліптичного отвору; тим менше отвір і більше швидкість витікання рідини, тим швидше настає адсорбційна рівновага на поверхні розділу фаз, що утворюється. До того ж результати вимірювання поверхневого натягу цим методом за допомогою приладів з різними отворами не співпадають, тому вони зазвичай приводяться разом з розмірами використаних отворів [3].

**Метод об'єму каплі.**

Вимірювання об'єму каплі водної фази, що утворена на кінці вертикальної капілярної трубки в момент її відриву від трубки при взаємодії з органічною фазою. Межфазний натяг між двома рідинними фазами визначається при рівномірному розподілі маси каплі з силою міжфазного натягу, що підтримує її, і з застосуванням коефіцієнта кореляції. Надалі міжфазний натяг визначають з об'єму падаючої каплі, зовнішнього радіуса капілярної трубки, різниці в густині між двома рідинними фазами і прискорення сили тяжіння.

Цей метод передбачає визначення міжфазного натягу, але з меншою точністю для розчинів ПАР, що мають дуже низькі концентрації, тобто нижче  $10^{-4}$  моль/л, при сталій швидкості утворення краплі.

Оскільки міжфазний натяг розчинів змінюється в залежності від часу внаслідок взаємного насичення рідких фаз і оскільки адсорбція ПАР на межі розділу фаз не є миттєвим явищем, важко рекомендувати стандартний період старіння для межі розділу фаз. Тому бажано мати декілька результатів вимірювань впродовж певного періоду часу, щоб отримати криву міжфазного натягу як функцію часу і на її основі визначити положення частини кривої, що характеризує період, впродовж якого межа розділу фаз досягає свого стаціонарного стану.

Поверхня рідини дуже чутлива до забруднення атмосферним пилом або парами розчинників, якщо з ними працюють поблизу, тому в приміщенні, в якому проводять випробування, не має бути легких речовин і усі апарати мають бути захищені корпусами. Передбачають також заходи по запобіганню коливань температури.

Міжфазний натяг  $\sigma$ , виражається у міліньютонках на метр і розраховується за формулою:

$$\sigma = \frac{V\Delta\rho g}{2\pi f}, \tag{11}$$

де  $V$  - об'єм падаючої каплі,  $\Delta\rho$  - різниця густин між двома фазами при встановленій температурі,  $g$

- прискорення вільного падіння,  $r$  - зовнішній радіус капілярної трубки,  $f$  - коефіцієнт корекції, що відповідає співвідношенню  $\frac{r}{V^{1/2}}$ , яке береться з спеціальних таблиць [6].

**Метод Дю Нуї (метод відриву кільця).**

Метод є класичним. Суть методу витікає з назви. Платинове кільце піднімають з рідини, що змочує його, зусилля відриву  $i$  є сила поверхневого натягу і може бути перераховано в поверхневу енергію.

Метод відриву кільця (метод дю Нуї) є одним з найбільш поширених методів визначення поверхневого натягу рідин  $\sigma$ ; зв'язок поверхневого натягу з силою  $F$ , необхідною для відриву від поверхні рідини тонкого кільця радіусу  $R$ , добре змочуваного рідиною (крайовий кут змочування  $\Theta = 0^\circ$ ), описується виразом:

$$\sigma = \frac{kF}{4\pi R}, \tag{12}$$

де величина  $k$  залежить від радіуса кільця і товщини дроту, з якого воно зроблено, а також від поверхневого натягу рідини, але остання залежність доволі слабка, що дозволяє використовувати цей метод як відносний:

$$\sigma = \frac{\sigma_e F}{F_e}, \tag{13}$$

де величини  $\sigma_e$  і  $F_e$  відносяться до еталонної рідини.

**Метод максимального тиску в газовій бульбашці.**

Вимірювання максимального тиску  $P_m$  в газовій бульбашці, що утворюється з каліброваного отвору в досліджувану рідину, яка змочує матеріал капіляра ( $0 < \Theta < 90^\circ$ ) дозволяє розрахувати поверхневий натяг рідини за результатом визначення тиску у момент відриву бульбашки від капіляра або, в інших варіантах методу максимального тиску, який може бути створений в газовій бульбашці.

Розрахунок поверхневого натягу  $\sigma$  проводиться по формулі:

$$\sigma = \frac{1}{2} [P_m - \Delta\rho(h + Z)]r \tag{14}$$

де  $\Delta\rho$  - різниця густин газу у бульбашці і вимірюваної рідини;  $h$  - глибина занурення капіляра в рідину;  $r$  і  $Z$  - відповідно радіус кривизни меніска у вершині газової бульбашки і відстань від неї до площини зрізу нижнього кінця строго вертикально встановленого каліброваного капіляра у момент максимального тиску.

Вважається, що радіус кривизни меніска дорівнює радіусу капіляра.

Оскільки  $r$  і  $Z$  важко визначити, були запропоновані ряд рівнянь для розрахунку поверхневого натягу, серед яких найбільше поширення знайшла залежність, запропонована Шредингером:

$$\sigma = \frac{P_m r_0}{1} \left( 1 - \frac{2\Delta\rho r_0}{3P_m} + \frac{\Delta\rho^2 r_0}{BP_m} \right) \tag{15}$$

де  $r_0$  - радіус капіляра.

При  $\frac{\Delta\rho r_0}{P_m} < 0,35$  розрахунок по цьому рівнянню забезпечує систематичну похибку не більше 1%.

Метод вимірювання максимального тиску в газовій бульбашці відрізняється простотою апаратурного оформлення і досить високою точністю, знайдений поверхневий натяг не залежить від крайового кута змочування рідиною матеріалу капіляра і від густини рідини, вимірювання проводяться кожного разу у новій щойно утвореній поверхні, а випарювання з неї виключається. Усе це робить цей метод одним з найбільш поширених.

До недоліків методу слід віднести необхідність врахування при визначенні поверхневого натягу гідростатичного тиску стовпа рідини в капілярі. Тому необхідно або поміщати капіляр строго на поверхні, або вимірювати глибину його занурення.

Метод максимального тиску в газовій бульбашці дає можливість проводити вимірювання поверхневого натягу в широкому інтервалі часу утворення поверхні - від декількох десятих секунди до декількох годин. Для великих тимчасових інтервалів утворення газових бульбашок потрібно стабілізацію тиску і температури, при яких ведуться вимірювання [3].

Недоліком усіх перелічених методів є неможливість оперативного контролю концентрації ПАР в автоматизованому режимі. Отже виникає потреба у методі, що зможе забезпечити безпосередній контроль концентрації ПАР у рідинах (воді) у технологічному процесі і навколишній. Цим вимогам відповідає запропонований метод пульсуючого меніску, що засновано на вимірюванні динамічного поверхневого натягу (ДПН) рідин, і подальшому переході від ДПН до концентрації за однозначною залежністю.

Для підвищення точності вимірювання поверхневого натягу і визначення концентрацій ПАР використовуючи максимальний тиск у газовому меніску використовується коливання меніску в околі максимального тиску. Задача вирішується завдяки тому, що газ подається в бульбашку, що призводить до її зростання, процес продовжується до досягнення максимального тиску в меніску, після проходження стану максимального тиску, об'єм бульбашки різко зростає, а значення тиску спадає без зхлопування поверхні, далі газ викачується, і площа поверхні розділу фаз зменшується, в подальшому процедура повторюється, до моменту коли значення максимального тиску у меніску не стане незмінним, це означає що поверхнево-активні речовини, які містяться у досліджуваному розчинні абсорбувалися на поверхні розділу фаз рідина – газ, і можна проводити вимірювання поверхневого натягу  $\sigma$ .

Використання запропонованого способу дозволить вимірювати не тільки поверхневий натяг досліджуваної рідини і концентрацію ПАР у ній, але і фіксувати їх зміни у часі.

**3. Висновки**

На основі проведених досліджень сучасних методів визначення концентрації поверхнево – активних



речовин, можна стверджувати, що на даний час не існує методу, який би задовольняв потреби поточного контролю безпосередньо в технологічному процесі. Отже запропонований метод знайде своє застосування

у місцях де потрібна можливість оперативного контролю концентрації поверхнево-активних речовин і автоматизація процесу, до того ж він дозволить проводити ці вимірювання з високою точністю.

Література

1. А.О. Малько Особливості вимірювання динамічного поверхневого натягу водних розчинів поверхнево активних речовин методом пульсуючого меніска /А.О. Малько, І.С. Кісіль// Методи та прилади контролю якості. – 2010. - №24. – С. 46-49.
2. Кочкодан О.Д. Термодинамические характеристики адсорбции неионных поверхностно-активных веществ на ацетиленовой саже и активном угле АГ-3/Кочкодан О.Д., Клименко Н.А., Кармазина Т.В// Колоидн. Журн. – 1996. – Т.58, №3, С.347-352.
3. Волков В.А. «Коллоидная химия». – М. МГУ им. А.Н. Косыгина, 2001, - 640с.
4. С.И. Левченков Физическая и коллоидная химия. Т4 Колоидная химия: конспект лекций. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2004 – 28с.
5. Адамсон А.В. Физическая химия поверхностей. Пер. с англ./Подред. З.М.Зорина, В.М.Муллера. – М.:Мир, 1979. – 568 с.
6. ГОСТ Р 50097-92 Вещества поверхностно-активные. Определение межфазного натяжения. Метод объема капли. - Введ. 1993-07-01. – М. : Изд-во стандартов, 1992. – 18 с.

***Розроблені способи зниження вмісту токсичних речовин у білих коренеплодах дозволяють знизити вміст проралену на 29,5%, нітратів на 77,1%, оксалатів на 50%, а також стабілізувати їх колір***  
***Ключові слова: білі коренеплоди, токсичні речовини, природний колір***

***Разработанные способы снижения содержания токсических веществ в белых корнеплодах позволяют снизить содержание псоралена на 29,5%, нитратов на 77,1%, оксалатов на 50%, а также стабилизировать их цвет***  
***Ключевые слова: белые корнеплоды, токсические вещества, натуральный цвет***

***The developed methods of reduction the content of toxic matters in white root crops allow to reduce the content of psoralen on 29,5%, nitrates on 77,1%, oxalates on 50% and also to stabilize their color***  
***Keywords: white root crops, toxic matters, natural color***

УДК 641.51:633.4

# ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ БІЛИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

**С.О. Ленерт**

Асистент

Кафедра товарознавства та експертизи товарів Харківський державний університет харчування та торгівлі вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051 Контактний тел.: (057) 349-45-60 E-mail: svitlana.dubinina@googlemail.com

**Постановка проблеми у загальному вигляді**

Багаточисленні дослідження вчених [1..10] пропонують різноманітні способи, які дозволяють одночасно знизити вміст токсичних речовин в рослинній сировині та стабілізувати натуральний колір при її переробці. Згідно цих досліджень для досягнення гарних результатів сировина повинна підлягати наступ-

ним видам обробки: миттю, очищенню, витримуванню у подрібненому вигляді в розчині екстрагентів та стабілізаторів при визначеній температурі та тривалості, або короткочасному бланшуванню в ньому, варці в ньому або у воді. У комплексі всі ці операції дозволяють знизити вміст токсичних речовин на 80% та стабілізувати колір сировини на 90%. Особливістю всіх запропонованих