



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114402** (13) **U**  
(51) МПК (2017.01)  
**G01N 5/00**  
**C01D 3/04** (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

(21) Номер заявки: <b>u 2016 08801</b>	(72) Винахідник(и): <b>Юрченко Олег Іванович (UA), Бакланова Лариса Володимирівна (UA), Черножук Тетяна Василівна (UA), Бакланов Олександр Миколайович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>15.08.2016</b>	
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>10.03.2017</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>10.03.2017, Бюл.№ 5</b>	(73) Власник(и): <b>ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В.Н. КАРАЗІНА, пл. Свободи, 4, м. Харків, 61022 (UA)</b>

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКОСТІ ПОГЛИНЕНОЇ ЗВУКОХІМІЧНОАКТИВНОЇ АКУСТИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ УЛЬТРАЗВУКУ У РОЗЧИНАХ ХЛОРИДУ НАТРІЮ ТА КУХОННОЇ СОЛІ**

**(57) Реферат:**

Спосіб визначення поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку включає порівняння зміни фізичної характеристики під впливом ультразвукового поля та кількості поглиненої хімічноактивної акустичної енергії ультразвуку. Як фізичну характеристику використовують потік сонолюмінісценції ультразвуку. Використовують ультразвук частотою 20,0-90,0 кГц, інтенсивністю не менше 1,0 Вт/см<sup>2</sup> протягом більше 20,0 с.

**UA 114402 U**



Корисна модель належить до способів визначення кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку і може бути використана в аналітичній та фізичній хімії, де виникає необхідність знати кількість звукохімічноактивної поглиненої акустичної енергії для прогнозування інтенсифікуючої дії ультразвуку на хімічні процеси у розчинах хлориду натрію та кухонної солі [1].

Відомий розрахунковий спосіб визначення поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії не забезпечує отримання достовірних результатів, тому що тільки частина поглиненої акустичної енергії є звукохімічноактивною і може бути використана системою для ініціювання хімічних реакцій [2].

Є також способи визначення поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії з використанням магнітострикційних та п'єзоелектричних чутливих елементів [2]. Однак, дані способи дозволяють визначати тільки кількість поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії в окремій точці, де знаходиться магнітострикційний або п'єзоелектричний чутливий елемент.

Також відомі способи хімічної дозиметрії, що використовують відповідне калібрування з іншими фізичними методами визначення кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії. Як хімічні дозиметри використовуються наступні тест-системи: водний розчин йодиду калію, насичений чотирехлористим вуглецем, реакція гідроксилювання солі фталевої кислоти, реакція окиснення хлороцетової кислоти з утворенням хлорид-іонів і пероксиду водню, реакція окиснення сульфату заліза (II). Недоліком таких тест-систем є неможливість проводити вимірювання у розчинах з концентрацією розчинних солей більш як 10 г/л, тобто неможливість проводити вимірювання у розчинах хлориду натрію та кухонної солі різної концентрації [3].

Найбільш близьким аналогом до способу, що запропонований, є порівняльний калориметричний спосіб визначення поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії. Спосіб оснований на порівнянні швидкості підйому температури під впливом ультразвукового поля і електричного нагрівача, включеного на такий же проміжок часу, причому потужність електричного нагрівача підбирається таким чином, щоб хід кривих  $T(t)$  практично збігався, тобто підводиться електрична потужність, що приймається за еквівалент акустичної потужності [4].

Спільними суттєвими ознаками найближчого аналогу і способу, що запропонований, є порівняння зміни фізичної характеристики під впливом ультразвукового поля і кількості поглиненої хімічноактивної акустичної енергії ультразвуку.

Недоліками способу є тривалість вимірювання, що займає не менше ніж 30 хвилин, а також трудомісткість процесу, що пов'язана з необхідністю використовувати дві системи - основну, де вивчається дія ультразвуку на розчини, і допоміжну систему - дія якої приймається за еквівалент акустичної потужності [3].

В основу корисної моделі поставлена задача збільшення експресності процесу вимірювання кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії та зменшення трудомісткості процесу через використання тільки однієї системи (основної), де вивчається дія ультразвуку на розчини.

Поставлена задача вирішується тим, що як фізичну характеристику, зміна якої еквівалентна зміні кількості поглиненої звукохімічноактивної енергії, використовують потік сонолюмінесценції від ультразвуку частотою 20,0-90,0 кГц, інтенсивністю не менше ніж 1,0 Вт/см<sup>2</sup> протягом часу більше 20,0 с.

Приклад.

Використовується лабораторна установка (Фіг. 1), виготовлена на базі атомно-абсорбційного спектрометра AAS-3 (Німеччина), що складається з термостатованого реактора 1, в який по черзі вводяться різні магнітострикційні випромінювачі 2, підключені до модернізованого ультразвукового диспергатора УЗДН-1М, що дозволяє створювати в розчинах, що вивчаються, ультразвукові коливання частотою 18-100 кГц, інтенсивністю від 0,05 до 25 Вт/см<sup>2</sup> [3]. Реактор введений замість блока пальника спектрометра, за допомогою спеціального штатива жорстко прикріпленого до стіни. Це необхідно для виключення передачі можливої вібрації від реактора до спектрофотометра.

У зв'язку з необхідністю вивчення загального потоку сонолюмінесценції, згідно з рекомендаціями до роботи [3], монохроматор з оптичної схеми спектрофотометра виведений, і випромінювання потрапляє безпосередньо на фотопомножувач через відповідне циліндрове відведення.

Положення реактора, жорстко пов'язаного з фотопомножувачем, юстирується за допомогою відповідних гвинтів, наявних в штативі. Кварцове вікно реактора з вікном відведення за допомогою світлонепроникного кожуха, виготовленого зі щільної тканини. Сигнали

сонолюмінесценції виводяться на дисплей спектрометра 3 і на дисплей підключеного до спектрометра комп'ютера 4.

Фіг. 1. Схема лабораторної установки, де:

1 - термостатований реактор, 2 - магнітострикційні випромінювачі, 3 - спектрометр, 4 - комп'ютер.

Розчини хлориду натрію концентрацією від 50,0 до 150,0 г/дм<sup>3</sup> вводили в реактор, насичували аргоном і впливали УЗ вибраних параметрів. Визначали величину потоку сонолюмінесценції. Насичування аргоном проводили для підтримання постійного рівня кавітації та як результат - постійного рівня сонолюмінесценції [3]. При цьому подачу газу не припиняли. Досліди повторювали з розчинами кухонної солі такої ж концентрації. Зниження тиску здійснювалося через запобіжний клапан. Паралельно проводили контрольні досліди за визначенням кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку з використанням порівняльної калориметричної установки, описаної в [4]. Визначення поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії здійснювали також із використанням 0,1 М розчину хлороцетової кислоти за вмістом пероксиду водню і хлорид-іонів [4].

Залежність потоку сонолюмінесценції від кількостей звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку у воді та розчинах хлориду натрію наведено на Фіг. 2. При інтенсивностях УЗ до 0,9-1,0 Вт/см<sup>2</sup> ця залежність носить параболический характер, а при інтенсивностях УЗ більше 0,9-1,0 Вт/см<sup>2</sup> залежність носить лінійний характер. Це дає можливість використовувати величину потоку сонолюмінесценції для визначення кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку.

У табл. 1 наведено порівняння способів визначення кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку за прототипом, способу, що пропонується, та способу з використанням хімічної тест-системи 0,1 М розчину хлороцетової кислоти за вмістом пероксиду водню і хлорид-іонів (спосіб хімічної дозиметрії). Слід зазначити, що результати, отримані за способом по прототипу (порівняльної калориметрії), добре корелюються з результатами визначення кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку за способом, що пропонується (сонолюмінесцентний спосіб (табл. 1). При збільшенні концентрації хлориду натрію в розчинах величина потоку сонолюмінесценції зростає (табл. 1, Фіг. 2). Оскільки величина у кількості поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку, Вт/см<sup>3</sup> не залежала від частоти ультразвуку у діапазоні 20-90 кГц (табл. 2), тому подальші всі досліди проводили при частоті ультразвуку - 20 кГц. Слід зазначити, що визначення кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку проводили порівняльним калориметричним методом за розчинами хлориду натрію з такою ж концентрацією як і при використанні методу сонолюмінесценції, отримані результати в межах похибки досліду ( $\pm 0,07$  Вт/см<sup>3</sup>) (табл. 1). При використанні ж методу хімічної дозиметрії не враховується різна поглинальна властивість розчинів хлориду натрію з високою і низькою концентрацією, тому можливе отримання помилкових результатів (табл. 1). Причому величина цієї похибки зростає зі збільшенням концентрації хлориду натрію (табл. 1). При збільшенні інтенсивності ультразвуку величина потоку сонолюмінесценції пропорційно зростає (табл. 1).

Вплив на величину потоку сонолюмінесценції до 10 % домішок інших солей виявилось незначним, що дозволяє використовувати метод сонолюмінесценції для визначення кількості поглиненої звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку і для розчинів різних концентрацій кухонної солі (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняння способів визначення кількості поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку в розчинах хлориду натрію та кухонної солі різної концентрації пропонувані методом, калориметричним методом і методом хімічної дозиметрії (тест-метод)

Інтенсивність УЗ, Вт/см <sup>2</sup>	Кількість поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку, Вт/см <sup>3</sup>								
	Пропонований метод				Калориметричний метод				Тест-метод
	Концентрація NaCl, г/дм <sup>3</sup>				Концентрація NaCl, г/дм <sup>3</sup>				
	0	50	100	150	0	50	100	150	
0,9	0,72	1,31	1,34	1,56	0,70	1,30	1,32	1,57	0,70
1,0	1,04	1,71	1,89	2,01	1,06	1,73	1,90	2,02	1,02
1,3	2,42	3,20	3,65	4,12	2,40	3,19	3,64	4,11	2,41
1,5	5,02	5,53	6,34	6,90	5,01	5,52	6,35	6,92	5,02
2,0	8,03	8,73	9,91	11,06	8,02	8,71	9,90	11,04	8,00
0,9*	0,72	1,32	1,37	1,58	0,73	1,32	1,35	1,59	0,71
1,0*	1,04	1,71	1,89	2,01	1,08	1,75	1,94	2,05	1,04
1,3*	2,42	3,20	3,65	4,12	2,40	3,22	3,67	4,15	2,41
1,5*	5,02	5,53	6,34	6,90	5,01	5,53	6,36	6,96	5,02
2,0*	8,03	8,73	9,91	11,06	8,02	8,73	9,94	11,05	8,02

Примітка. У таблиці представлено середні значення результатів шести дослідів. \*Аналізу піддавали розчини кухонної солі виробництва ГП "Артем-сіль", копальня № 3. Частота ультразвуку 20 кГц. Час дії УЗ у способі, що пропонується, - 25 с, у способі найближчого аналога - 35 хв.

Як тест-систему використовували 0,1 М розчин хлороцтової кислоти.

Фіг. 2. Залежність потоку сонолюмінесценції розчинів хлориду натрію різної концентрації від кількості звукохімічноактивної акустичної енергії ультразвуку

- 1 - розчин хлориду натрію 150 г/дм<sup>3</sup>;
- 2 - розчин хлориду натрію 100 г/дм<sup>3</sup>;
- 3 - розчин хлориду натрію 50 г/дм<sup>3</sup>;
- 4 - дистильована вода.

Таблиця 2

Вплив частоти ультразвуку на кількість поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку розчинами хлориду натрію різної концентрації

Концентрація NaCl, г/л	Частота УЗ, кГц. Кількість поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку, Вт/см <sup>3</sup>							
	18	19	20	21	40	80	90	91
0	4,33	4,74	5,02	5,04	5,03	5,06	5,02	4,87
50,0	4,48	5,32	5,53	5,55	5,57	5,56	5,57	5,03
100,0	5,57	6,08	6,34	6,34	6,35	6,37	6,36	6,06
150,0	6,65	6,71	6,90	6,91	6,92	6,92	6,93	7,15

На розчини діяли ультразвуком інтенсивністю 1,5 Вт/см<sup>2</sup>. Час дії УЗ - 25 с.

У табл. 3 наведено вплив часу дії ультразвуку на кількість поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку розчинами хлориду натрію різної концентрації. Як видно з табл. 3, час дії УЗ повинен бути більше 20 с. Саме через 20 с дії ультразвуку забезпечується стабільний рівень кавітації, а відповідно - стабільний потік сонолюмінесценції.

Таблиця 3

Вплив часу дії ультразвуку на кількість поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку розчинами хлориду натрію різної концентрації

Концентрація NaCl, г/л	Час дії УЗ, с. Кількість поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку, Вт/см <sup>3</sup>							
	18	19	20	21	22	23	24	25
0	3,45	4,03	5,02	5,04	5,02	5,05	5,02	5,05
50,0	4,02	5,32	5,53	5,55	5,57	5,56	5,57	5,03
100,0	5,12	6,03	6,34	6,34	6,35	6,34	6,36	6,34
150,0	6,14	6,48	6,90	6,91	6,92	6,92	6,93	6,92

На розчини діяли ультразвуком інтенсивністю 1,5 Вт/см<sup>2</sup>. Частота УЗ - 20 кГц.

- 5 Таким чином, запропоновано спосіб визначення поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку, заснований на визначенні потоку сонолюмінесценції. Від класичного методу - порівняльної калориметрії - відрізняється меншою трудомісткістю та більшою експресністю.

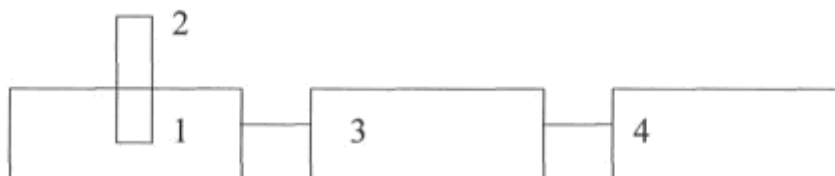
Джерела інформації:

1. Аналітична хімія кухонної солі та розсолів: монографія /О.М. Бакланов, А.П. Авдєєнко, Ф.О. Чмиленко, Л.В. Бакланова. - Краматорськ: ДДМА, 2011. - 284 с.
- 10 2. Новицкий Б.Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах /Б.Г. Новицкий. - М.: Химия, 1983. - 192 с.
3. Чмиленко Ф.А. Ультразвук в аналитической химии. Теория и практика: монография /Ф.А. Чмиленко, А.Н. Бакланов. - Днепропетровск: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2001. - 264 с.
4. Маргулис М.А. Звукохимические реакции и сонолюминесценция /М.А. Маргулис. - М.: Химия, 1986. - 288 с.
- 15 5. Исследование механизма сонолюминесценции. Изучение формы светового импульса сонолюминесценции /А.К. Курочкин, Е.А. Смородов, Р.Б. Валипов и др. //Журн. физ. химии. - 1986. - Т. 60, № 5. - С. 1234-1238.

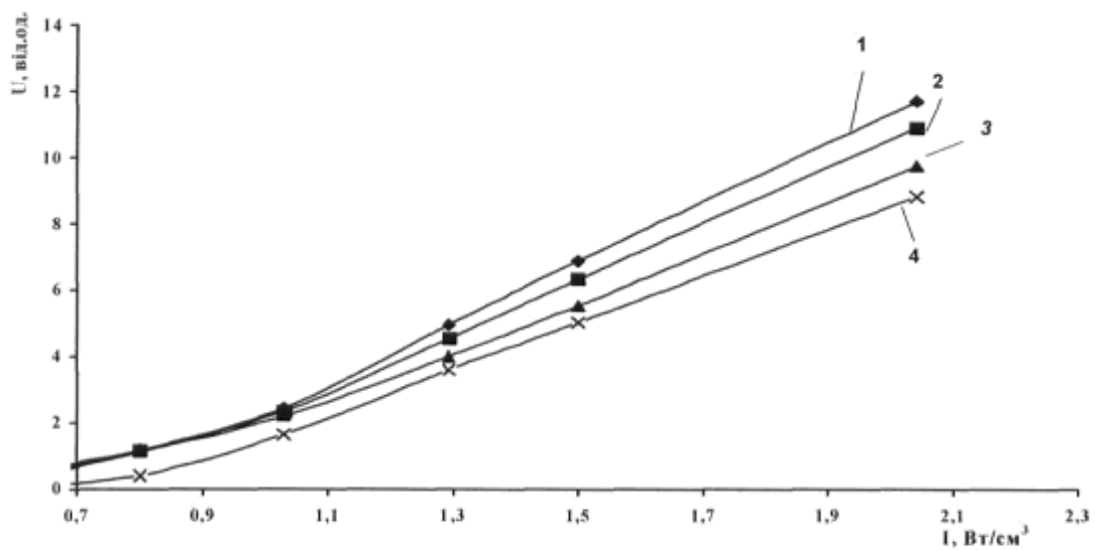
20

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 25 Спосіб визначення поглиненої акустичної звукохімічноактивної енергії ультразвуку, що включає порівняння зміни фізичної характеристики під впливом ультразвукового поля та кількості поглиненої хімічноактивної акустичної енергії ультразвуку, який **відрізняється** тим, що як фізичну характеристику використовують потік сонолюмінісценції ультразвуку; причому використовують ультразвук частотою 20,0-90,0 кГц, інтенсивністю не менше 1,0 Вт/см<sup>2</sup> протягом більше 20,0 с.



**Fig. 1**



Фиг. 2

Комп'ютерна верстка Л. Литвиненко

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601