

ВІДБІР ІНФОРМАЦІЇ ПРО ІНТЕГРАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ДОННИХ ВІДКЛАДІВ

В.Д.Погребенник

Фізико-механічний інститут ім.Г.В.Карпенка НАН України 79601, м. Львів, вул. Наукова, 5
E-mail: dep26@ah.ipm.lviv.ua

Розроблено принципи відбору інформації про інтегральні параметри водного середовища та донних відкладів. Обґрунтовано вибір інтегральних параметрів водного середовища. Подано узагальнену структурну схему відбору інформації про інтегральні параметри водного середовища та донних відкладів на основі використання моделей середовищ.

Водне середовище – це багатокомпонентний водний розчин. Задачею аналізу стану водного середовища є визначення вмісту одного, двох або більше компонентів водного середовища. ІВС для визначення параметрів багатокомпонентних водних розчинів можна поділити на дві групи. До першої групи відносяться ІВС, в основу яких покладено метод вимірювання селективних параметрів. До другої – ІВС, в основу роботи яких покладено метод вимірювання неселективних, інтегральних параметрів.

До вибіркових (селективних) методів відносяться більшість класичних методів аналітичної хімії, що полягають в застосуванні таких реагентів, які вибірково вступають в реакції з окремими елементами, що входять до складу розчину. У цю групу входять також селективні електрохімічні реакції, такі як різні види автоматичного титрування, полярографія, електроліз, іоноселективні електродні системи тощо.

Характеристикою вибіркових компонентів є вираз [1]

$$y_k = f_k(C_k), \quad (1)$$

де y_k – значення вибірного параметра;
 C_k – концентрація розчиненого компонента;

f_k – вид функціональної залежності параметра від концентрації розчиненого компонента.

Для високоточних аналітичних досліджень використовують прямий вибірковий метод вимірювання концентрації, відомий під назвою об'ємного аналізу. Цей метод полягає у вимірюванні концентрації, кількості аналізованої речовини та компонента, що визначається.

Розглянемо метод вимірювання інтегральних параметрів. До них відносяться методи вимірювання густини, в'язкості, електропровідності, заломлення світла, швидкості та поглинання звуку, рН, солоності, нелінійного акустичного параметра тощо.

Математичною характеристикою інтегральних параметрів є вираз [1]

$$x_i = F_i(C_1, C_2, C_3, \dots, C_n), \quad (2)$$

де x_i – значення інтегрального параметра;

F_i – вид функціональної залежності;

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ – концентрація компонентів аналізованої суміші.

Виходячи з аналізу цих моделей обґрунтовано вибір інтегральних параметрів водного середовища, для яких запропонуємо таку класифікацію інтегральних параметрів: вимірювані та обчислювані (рис. 1). До першої групи віднесемо такі параметри: показник заломлення світла n , питому електропровідність, швидкість звуку c , поглинання звуку α , рН, акустичний імпеданс Z . До другої групи віднесемо густину ρ , солоність S , нелінійний акустичний параметр γ .



Рис. 1. Класифікація параметрів водного середовища.

Слід зазначити, що інтегральні методи – це непрямі методи вимірювання концентрації. Ці методи придатні для застосування у виробництві для визначення параметрів водних розчинів.

Розглянемо переваги та недоліки кожного з інтегральних параметрів.

Швидкість ультразвуку c в рідині – це інтегральний параметр, який характеризує її об'ємно-пружні властивості, сукупність внутрі- та міжмолекулярних взаємодій. При розчиненні будь-якої речовини у рідині швидкість ультразвуку в ній буде змінюватися, оскільки молекули розчиненої речовини відрізняються від молекул розчинника коефіцієнтом стисливості β або модулем об'ємної пружності χ і густиною ρ , а також внаслідок міжмолекулярних взаємодій. Залежність швидкості звуку у рідині описується формулою Ньютона-Лапласа.

Величини χ і ρ , що характеризують середовище, суттєво залежать від температури і солоності морської води.

Складність безпосереднього визначення χ і ρ призвела до розроблення так званих прямих і непрямих методів визначення швидкості звуку. Прямі методи передбачають безпосереднє вимірювання швидкості звуку в морі з допомогою вимірювачів швидкості звуку [2, 3].

Непрямі методи ґрунтуються на розрахунку швидкості звуку з допомогою емпіричних залежностей за даними про температуру і солоність морської води.

Враховуючи, що швидкість звуку є функцією температури, солоності і гідростатичного тиску, для вертикального градієнта [4]

$$G_c = dc/dz \quad (3)$$

можна записати такий вираз

$$G_c = \left(\frac{\partial c}{\partial T} \right) \left(\frac{dT}{dz} \right) + \left(\frac{\partial c}{\partial S} \right) \left(\frac{dS}{dz} \right) + \left(\frac{\partial c}{\partial P} \right) \left(\frac{dP}{dz} \right) \quad (4)$$

$$\text{або } G_c = a_T G_T + a_S G_S + a_P G_P, \quad (5)$$

де G_T , G_S , G_P – градієнти температури, солоності і тиску; a_T , a_S , a_P – коефіцієнти, що характеризують вплив відзначених факторів на швидкість звуку.

Аналіз показує, що швидкість звуку зростає при збільшенні будь-якого з трьох параметрів T , S і P .

У загальному випадку значення швидкості звуку є функцією трьох координат $c(x, y, z)$. Дослідження показали, що зміни солоності і температури у горизонтальній площині значно менші змін у вертикальній площині і у першому наближенні ними можна знехтувати.

На сьогодні доказано, що тип вертикального розподілу швидкості звуку у першу чергу визначається структурою вод. Крім того, суттєву роль відіграє глибина району [2]. Найбільші зміни температури, солоності та тиску відзначаються у верхньому шарі океану (рис. 2).

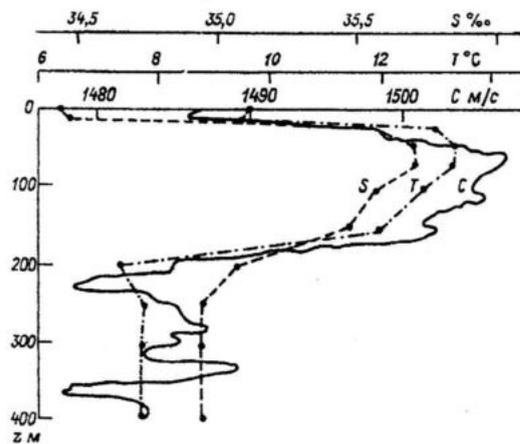


Рис. 2. Тонка вертикальна структура гідрофізичних полів.

Опис міжмолекулярної взаємодії, виходячи із значень стисливості, – адіабатичної або ізотермічної – це лише лінійна апроксимація. Міжмолекулярні взаємодії є дуже нелінійними відносно віддалі між атомами та атомними групами, що взаємодіють, тому зараз інтенсивні дослідження поширення звукових хвиль скінченної амплітуди у рідинах і розчинах сконцентровано на виявленні природи відхилень від лінійного характеру. У роботі Байєра показано, що нелінійні властивості середовища можна виразити через параметри другого і третього порядків, що отримуються з ряду Тейлора рівняння термодинамічного стану для адіабатичних змін у рідині [5]

$$P = P_2 + A(\rho - \rho_2) / \rho_2 + (B/2) \{ (\rho - \rho_2) / \rho_2 \}^2 + (C/6) \{ (\rho - \rho_2) / \rho_2 \}^3 + \dots, \quad (6)$$

де P_2 – гідростатичний тиск у середовищі;

P – надлишковий тиск, зумовлений звуковою хвилею, що поширюється у середовищі;

ρ – рівноважна густина середовища;

ρ_2 – значення миттєвої густини у звуковому полі.

Нелінійні параметри другого (B/A) і третього (C/A) порядків – постійні для даного середовища і є його акустичними характеристиками поряд зі швидкістю звуку, загасанням, розсіянням та питомим акустичним імпедансом.

ІВС, що розробляється, призначено для дослідження дрібномасштабних процесів, що є найбільшою трудністю. Це призводить до обмеження мінімальних просторових і часових масштабів дрібномасштабних явищ, що реєструються поширеними типами перетворювачів, значеннями 10^{-2} м та 1 с. При цьому необхідні дискретність спостережень за часом і час усереднення високочастотних компонентів складуть відповідно $T_x = 0,05$ с та $T_y = (0,025-0,04)$ с.

У роботі [6] наведено оцінки мінливості температури і солоності океанських вод. Показано, що середні квадратичні відхилення температури і солоності для дрібномасштабних процесів складають $\sigma_T = 0,06-0,3$ °C та $\sigma_S = 0,03-0,3$ ‰.

Якщо задатися відносною похибкою спостережень δ_v на рівні 5%, то із залежності $\delta_v = \delta_p / \delta_x$, де δ_p і δ_x – середньоквадратичні похибки спостережень і відхилення процесів, що вивчаються, можна отримати оцінку середніх квадратичних похибок для температури $\delta_{pT} = 0,01$ °C і для солоності $\delta_{pS} = 0,01$ ‰.

Отже, інструментальні похибки вимірювальних каналів температури і питомої електропровідності повинні бути такого ж порядку (0,01 °C та 0,01 См/м). На жаль, навіть найдосконаліші засоби засоби вимірювання цих параметрів забезпечують похибки вимірів значно більші (0,05 °C та 0,005 См/м), а похибки зразкових приладів складають 0,01 ‰, а питомої електропровідності – 0,1–0,2 %).

Похибки непрямих вимірів є функціями параметрів, що прямо вимірюються. При цьому граничні значення середньої квадратичної похибки солоності (при $S=35$ ‰ та $T=0$ °C) з урахуванням похибок вимірювання питомої електропровідності,

тиску та температури складають (0,03–0,05) ‰.

Задача аналізу складу, тобто вимірювання вмісту двох і більше компонентів в аналізованому розчині, набагато складніша, ніж задача вимірювання концентрації. Аналізатори багатокомпонентних розчинів поділяються на дві групи.

До першої групи відносяться аналізатори, в основу роботи яких покладено метод вимірювання селективних параметрів. До другої – аналізатори, в основу роботи яких покладено метод вимірювання неселективних, інтегральних параметрів.

Але інтегральні вимірювання не дають повного уявлення про склад і властивості аналізованої речовини.

Зараз поширення і розвиток отримує багатопараметровий обчислювальний метод аналізу багатокомпонентних сумішей [7], що базується на вимірюванні як інтегральних, так і селективних параметрів, що залежать від складу аналізованої речовини. Суть методу полягає в одночасному вимірюванні декількох параметрів, функціонально пов'язаних з концентрацією окремих компонентів у суміші і обчисленні цих концентрацій за вимірними значеннями параметрів і концентрацій окремих компонентів.

Розглянемо принципи оперативного відбору інформації про інтегральні параметри водного середовища та донних відкладів, використовуючи моделі середовищ, описані в роботі, яка публікується у цьому ж збірнику.

Узагальнену структурну схему відбору інформації подано на рис. 3. [8].

Схема містить такі вимірювальні канали ІВС: загальної концентрації C_Σ домішок у воді (або її складової солоності S), вихрового компонента швидкості потоку $rot_z v$, компонентів течії v_x та v_y , компонентів швидкості звуку c_x і c_y , визначення напрямку течії ϕ , розпізнавання донних відкладів за акустичним імпедансом Z , тиску P , температури T , питомої електропровідності σ , показника заломлення n , та концентрацій компонентів водного середовища $C_1 \dots C_i$. Вимірювальні канали пов'язані з ІВС, дані з якої надходять у банк даних і систему прийняття рішення. Отримані дані спостережень за відповідними розробленими алгоритмами порівнюються з даними, які містяться у банку моделей, і система прийняття рішення надсилає

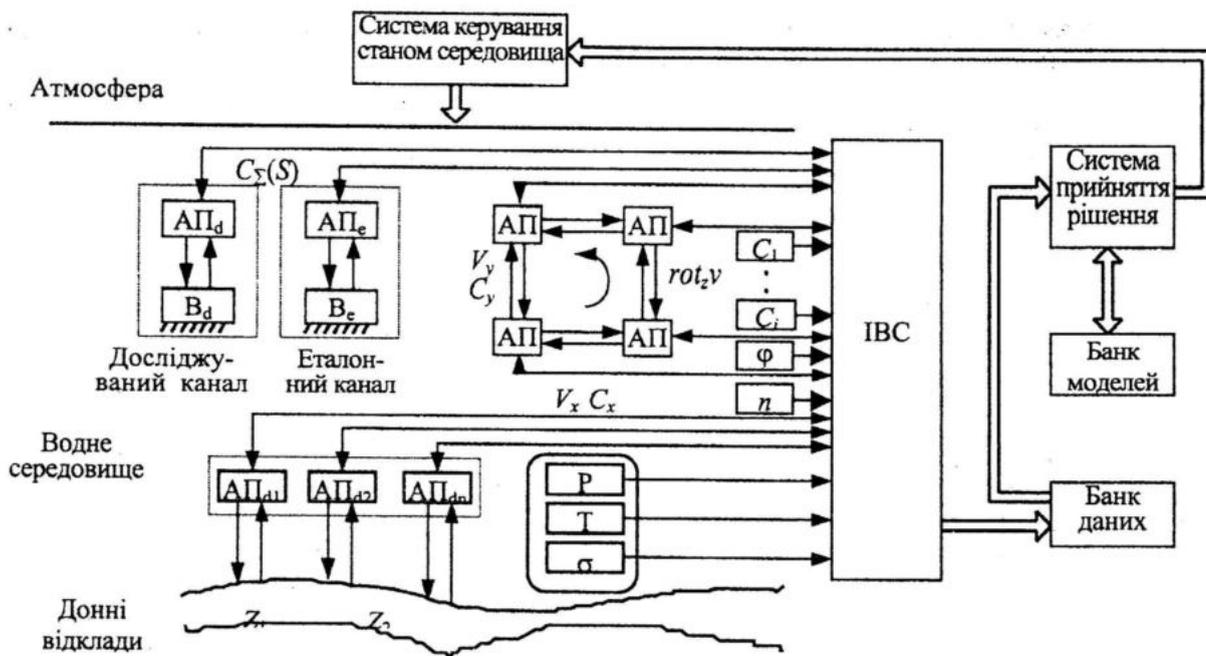


Рис. 3. Відбір інформації про параметри водного середовища та донних відкладів.

інформацію у систему керування станом середовища. Слід відзначити, що система прийняття рішення та керування станом водного середовища, банки даних і моделей становлять експертну систему, що є новим кроком у розробленні нових інформаційних технологій.

Отже, розроблено схему гідролого-хімічного зонда, який дає змогу оперативно визначати майже всі інтегральні та селективні параметри водного середовища, класифікувати донні відклади, визначати рівень забруднення та оцінювати його поширення у водному середовищі, що забезпечить оперативне прогнозування стану водного середовища.

Для побудови ІВС оперативного визначення інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів використано такі методи: акустичний – для вимірювання загальної концентрації C_{Σ} домішок у воді (або її складової солоності S), ВКШТ $rot_z v$, компонентів течії v_x та v_y , компонентів швидкості звуку c_x і c_y , розпізнавання донних відкладів за акустичним імпедансом Z ; іонометричний – визначення компонентів $C_1 \dots C_n$; оптичний – показника заломлення n ; індукційний – визначення напрямку течії; тензорезистивний – визначення тиску P , контактний, що реалізується на основі металевих термометрів опору – температури T , кондуктометричний – питомої електропровідності σ .

ЛІТЕРАТУРА

1. Скрипник Ю.А., Дубровний В.А., Татюк Б.А. Контроль параметров технологических процессов в легкой промышленности. – К.: Техніка, 1980. – 240 с.
2. Бабий Б.И. Мелкомасштабная структура поля скорости в океане. – Л.: Гидрометеиздат, 1983. – 200 с.
3. Бабий В.И., Толстошеев А.П. Рабочие средства измерения скорости звука в морской воде. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1999. – 35 с.
4. Яковлев А.Н., Каблов Г.П. Гидролокаторы ближнего действия. – Л.: Судостроение, 1983. – 200 с.
5. Саркисов Г.Н., Тихонов Д.А. Определение нелинейного параметра V/A в теории жидкостей // Акустический журнал. – 1993. – Т. 39, №3. – С. 542–548.
6. Парамонов А.Н., Кушнир В.М., Заикин В.М. Автоматизация гидрофизического эксперимента. – Л.: Гидрометеиздат, 1982. – 223 с.
7. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств. – М.: Машиностроение, 1983. – 464 с.
8. Погребенник В.Д. Методи і вимірювальні системи оперативного визначення інтегральних параметрів водного середовища та донних відкладів // Дис.... док-ра техн. наук: 05.11.16. – Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В.Карпенка НАН України. – Львів, 2002. – 382 с.