

ТЕСТ-ВИЗНАЧЕННЯ ФЕРУМУ У ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ ВОДАХ

З розвитком негативних факторів впливу антропогенної діяльності людини актуальним стає питання можливості проведення оперативної оцінки рівня забруднюючих речовин в об'єктах навколишнього середовища [1]. Проблема забруднення природних вод стає все більш актуальною. Одним із забруднювачів, що зменшує їх якість, є Ферум. Згідно нормативних документів, гранично допустима концентрація (ГДК) сумарного вмісту Феруму у питній воді складає $0,3 \text{ мг/дм}^3$. В останній час спостерігається тенденція до збільшення концентрації Феруму у поверхневих водах від 1 до 10 ГДК, що надходить як природними шляхами, так й внаслідок антропогенного забруднення стічними водами металургійної, хімічної промисловості, сільського господарства тощо. Найбільші концентрації Феруму спостерігаються у підземних водах з низьким значенням рН. Вода з концентрацією Феруму більше 1 мг/дм^3 непридатна для питних та технічних цілей[2].

Відомо, що в залежності від величини окисно-відновного потенціалу води, Ферум існує у природних водах одночасно в декількох формах: в істинно розчиненому стані; у вигляді колоїдної системи, що виникла внаслідок пептизації гідроксидів; у вигляді комплексних сполук з неорганічними та органічними лігандами; у формі різних суспендованих у воді твердих часточок [3]. Більшість варіантів пробопідготовки пропонує переводити всі форми Феруму в Fe (II) або Fe (III), що дозволяє далі використовувати різні методи хімічного аналізу для визначення сумарної концентрації всіх розчинених форм Феруму. Для визначення Феруму у питних, природних та стічних водах використовуються сучасні фізико-хімічні методи аналізу: спектрометрія, фотометрія, рентгенофлуоресценція, флуориметрія та вольтамперометрія [5]. В той самий час, при проведенні експрес-контролю за вмістом Феруму, при скринінгу природних та техногенних вод на місці їх пробовідбору актуальним стає використання тест-методів хімічного аналізу. Для розв'язування таких задач достатньо тривалий час використовуються різні тест-системи експрес-хімічного аналізу, що дозволяють без використання спеціальних приладів та інструментів провести напівкількісну оцінку вмісту токсикантів у об'єктах навколишнього середовища [4].

У більшості тест-методів, вміст речовини оцінюється візуально по інтенсивності кольору забарвленої індикаторної зони. Ефективному впровадженню методик тестового аналізу заважають суб'єктивні фактори оцінки одержаного колірної ефекту, що чітко спостерігається візуально і легко вимірюється, це впливає на розсіювання результатів спостережень та обумовлює неадекватність метрологічних характеристик тест-засобів. Не дивлячись на простоту використання таких тест-систем сфера їх використання обмежена низькою чутливістю та дозволяє проводити аналіз на рівні ГДК аналітів та відносно великою похибкою одержаних результатів ($S_r > 0,5$) [6]. Застосування портативних фотоколориметрів або денситометрів призводить до зниження похибки, але значно збільшує собівартість тест-визначення. Пошук нових варіантів обробки одержаного аналітичного сигналу у процесі тест-визначення та покращення метрологічних характеристик тест-визначень за рахунок нових підходів до виготовлення тест-систем залишається актуальним питанням.

У зв'язку з цим особливий інтерес становлять тест-системи, що використовують в основі принципи планарної хроматографії – тест-полоси. Використання тест-систем такого виду дозволить перейти від напівкількісного до кількісного аналізу ($S_r < 0,5$) т.я. у даному випадку оцінка вмісту речовини проводиться за довжиною забарвленої зони та не залежить від візуальної оцінки колірної ефекту.

Для оцінки вмісту Феруму попередньо був виготовлений індикаторний папір шляхом послідовної обробки фільтрувального паперу розчинами I (водний розчин купрум (II) сульфату) та після висушування розчином II (калійгексаціаноферат (II) або калійгексаціаноферат (III)). При цьому на індикаторному папері утворюється та закріплюється нерозчинна у воді сполука – купрум гексаціаноферат (II) червоного кольору або купрум гексаціаноферат (III) жовто-зеленого кольору. При визначенні Феруму (II, III) утворюється ферум гексаціаноферат (II, III) синього кольору. Вибірковість та селективність визначення запропонованого способу підвищується за рахунок того, що деякі інші метали (наприклад, Плюмбум, Кобальт, Цинк, Кадмій, Нікол тощо) в таких самих умовах не впливають на визначення Феруму т.я. не витісняють Купрум з гексаціанофератів, закріплених на індикаторному папері, що можна пояснити відповідними значеннями розчинності.

З підготовленого індикаторного паперу були виготовлені індикаторні тест-полоси оптимального розміру, що був підібраний заздалегідь (довжина 70 - 80 мм, ширина 2 - 3 мм) та запаковані у полімерну плівку. При визначенні, вільний кінець індикаторної тест-полоси, на відстані 1 мм від краю полімерної плівки, занурювали у досліджуєми об'єкт та після сходження рідини до другого кінця тест-полоси реєстрували довжину забарвленої зони за допомогою міліметрової лінійки. Концентрацію Феруму визначали за стандартної шкалою, яка була виготовлена заздалегідь зі стандартними розчинами Феруму. Діапазон визначаємих концентрацій Феруму від $0,08 \text{ мг/л}$ (довжина забарвленої зони 0,5 мм) до 500 мг/л (довжина забарвленої зони 52 мм) (табл.1.).

Таблиця 1 - Характеристики тест-систем для визначення Феруму в об'єктах навколишнього середовища

Визначальний іон	Реагент	pH _{опт}	Діапазон визначених концентрацій, мг/л	S _r (n=5)	Кольорові переходи	Об'єкт аналізу
Fe ³⁺	Cu ₂ [Fe(CN) ₆]	1-3	0,08–500	0,3–0,05	червоний/синій	Стічні та природні води, ґрунти, атмосферні опади
Fe ²⁺	Cu ₂ [Fe(CN) ₆] ₁₂	1-3	0,08–500	0,3–0,1	жовто–зелений/синій	Стічні та природні води, ґрунти, атмосферні опади

Запропонована методика була апробована при аналізі модельних розчинів та реальних водних об'єктів (табл.2).

Таблиця 2 - Співставлення результатів визначення Феруму (II,III) в поверхневих та підземних водах фотометричним методом та тест–методом хімічного аналізу (n=5)

Проба	Знайдено Феруму, мг/л	
	Фотометричний метод аналізу	Тест–метод аналізу
Річкова вода	0,125±0,03	0,100±0,15
Колодязна вода	0,345±0,03	0,300±0,21
Стічна вода	4,580±0,03	4,400±0,17

Розроблені методики тест – визначення Феруму на основі паперових індикаторних тест – матриць забезпечують суттєве скорочення часу аналізу, покращення метрологічних характеристик, підвищуючи чи зберігаючи відтворюваність результатів визначень у порівнянні зі стандартними, чим відрізняються від відомих методик. Тест–методики не вимагають спеціального складного та дорогого обладнання, а спосіб одержання паперових індикаторних тест–засобів з використанням розповсюджених та доступних реагентів відрізняється простотою виконання операцій та не вимагає спеціальної підготовки експериментатора.

Список використаних джерел:

1. Кузьмин Н.М. Экоаналитический мониторинг. Журн.аналит.химии.1999, 54(9), 902-908.
2. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды: справочные материалы/под ред.Т.В.Гусевой. М.:Форум:ИФРА-М,2010.192 с.
3. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.:Гидрометеоздат, 1986.270 с.
4. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест-методы анализа. М.: Едиториал УРСС, 2002. 304 с
5. Васюков А.Е., Лобойченко В.М., Уberman В.И., Юрченко О.И. Аналитический контроль сточных вод на содержание железа по результатам ААС и вольтамперометрии. Методы и объекты химического анализа.2014, т.9,№1,с.19-27.
6. Решетняк Е.А., Никитина Н.А., Логинова Л.П., Островская В.М. Предел обнаружения в тест-методах анализа с визуальной индикацией. Влияющие факторы // Журнал аналитической химии. 2005. Т. 60. No 10. С. 1102-1109.