

# МЕТОДОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТОВАРІВ

---

УДК 546.726:[628.1:546.173]

*Ірина ГОНЧАРОВА*

## ФЕРАТНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ПРИРОДНИХ ДЖЕРЕЛ ВІД НІТРИТІВ

*Проаналізовано методи визначення якості та безпечності питної води. Обґрунтовано перспективність використання фератної технології для очищення води з природних джерел від токсичних нітрит-іонів. Спектрофотометричним методом вивчено кінетику взаємодії в лужному середовищі розчинів натрій ферату (VI) з натрій нітритом, досліджено окисно-відновні процеси, розраховано істинну константу швидкості хімічної реакції. Визначено безпечність питної води на вміст нітрит-іонів після очищення її за фератною технологією.*

*Ключові слова:* питна вода, якість та безпечність води, фератна технологія, нітрит-іони, спектрофотометричний метод, окисно-відновні реакції.

*Гончарова И. Ферратная технология очистки воды природных источников от нитритов. Проанализированы методы определения качества и безопасности питьевой воды. Обоснована перспективность использования ферратной технологии для очистки воды из природных источников от токсичных нитрит-ионов. Спектрофотометрическим методом изучена кинетика взаимодействия в щелочной среде растворов натрия феррата (VI) с натрий нитритом, исследованы окислительно-восстановительные процессы, рассчитана истинная константа скорости химической реакции. Определена безопасность питьевой воды на содержание нитрит-ионов после очистки ее по ферратной технологии.*

*Ключевые слова:* питьевая вода, качество и безопасность воды, ферратная технология, нитрит-ионы, спектрофотометрический метод, окислительно-восстановительные реакции.

**Постановка проблеми.** Сьогодні екологічна ситуація в Україні вимагає наукового підходу до використання природної питної води, оскільки вона є найважливішим компонентом життя усіх організмів. Здоров'я людини на 70 % залежить від її якості та безпечності й перебуває в прямому взаємозв'язку зі складом природних вод у дже-релах, з яких здійснюється регулярне водопостачання [1].

---

© Ірина Гончарова, 2015

Питна вода – це та, яка за органолептичними властивостями, хімічним і мікробіологічним складом та радіологічними показниками відповідає державним стандартам і санітарному законодавству [2]. В організмі людини питна вода виконує важливі функції: зберігає структуру ДНК, здійснює доставку кисню в клітини, захищає кістки й суглоби, є засобом для видалення шлаків з організму, регулює температуру тіла, забезпечує зволоження клітин і суглобів, підтримує імунну систему, виступає важливим компонентом травних соків [3].

У природі вода ніколи не зустрічається у вигляді хімічно чистої сполуки. Маючи властивості універсального розчинника, вона включає велику кількість різних елементів і з'єднань, склад і співвідношення яких визначається умовами її формування. Якість і безпечність води зумовлені комплексом її хімічних, фізико-хімічних, біологічних компонентів і фізичних властивостей, які визначають придатність води для певних видів користування [4].

Аналіз води включає визначення таких параметрів: температура, смак, запах, забарвлення, мутність, вміст завислих речовин, жорсткість, лужність, загальна та активна кислотність (рН), вміст хлоридів, сульфатів, нітритів, нітратів, фосфатів, силікатів, амоніаку, йонів  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{F}^-$ , вільної та зв'язаної вуглекислоти, розчиненого кисню, гідроген сульфід, сухого залишку, втрата при прожарюванні, перманганатна окиснюваність, наявність органічних мікродомішок, біохімічне споживання кисню, мікробіологічні показники тощо [5].

Визначення якості природної питної води проводять за хімічними, фізичними, фізико-хімічними, біохімічними, мікробіологічними, органолептичними методами дослідження. Найсучаснішими з фізико-хімічних вважаються хроматографічні та спектральні методи [6–10].

Особлива увага приділяється визначенню безпечності природної питної води на вміст шкідливих домішок: важких металів, нітратів, нітритів, пестицидів, тригалогенметанів, антиоксидантів, консервантів, ціанідів тощо [4; 5].

Нітрати й нітрити відносяться до токсичних речовин [2; 11]. За нормами ДСанПіН 2.2.4-171-10 максимально допустима концентрація нітрат-йонів у питній воді становить 50, нітрит-йонів –  $0.5 \text{ мг/дм}^3$ . У додатково обробленій питній воді –  $0.1 \text{ мг/дм}^3$  [2].

До сучасних спектральних методів визначення нітратів у питній воді відноситься спектрофотометричний метод із сульфосаліциловою кислотою [12], нітритів – спектрометричний метод молекулярної абсорбції та спектрофотометричний метод із реактивом Грісса [13; 14].

Серед методів очищення питної води від токсичних нітрат- та нітрит-йонів відомі методи на основі зворотного осмосу, йонного обміну, сорбційні з використанням активованого вугілля та глинистої сировини [11; 14; 15].

Останнім часом перспективною є група методів очищення води від шкідливих домішок із використанням нової фератної технології [16–18]. Сутність її полягає в тому, що відносно нешкідливі ферати (VI) лужних металів при взаємодії з домішками утворюють ферум (III) гідроксид, який при коагуляції захоплює більшість органічних і неорганічних залишків та йонів металів [17]. Фератну технологію використовують переважно для очищення промислових і стічних вод, повітря [18; 19], а також питної води від ціанідів, сульфідів, органічних мікродомішок тощо [16; 17].

*Мета роботи* – застосування фератної технології для очищення води з природних джерел від токсичних нітрит-йонів та визначення ступеня очистки спектрофотометричним методом.

**Матеріали та методи.** *Об'єкти дослідження* – зразки питної і природної води поверхневих і підземних джерел Дніпропетровської області.

Очищення води від токсичних нітрит-йонів проведено за фератною технологією [17].

Визначення вмісту нітритів у досліджуваних зразках води до та після очищення її здійснено спектрофотометричним методом з реактивом Грісса при утворенні діазосполуки з 1-нафтиламіном червоно-фіолетового кольору [14]. Досліди проведено на спектрофотометрі *Specord 205* компанії *Analytik Jena* у видимій області спектра з використанням скляних кювет.

При визначенні нітритів з реактивом Грісса за наявності в пробі аналізованої води нітритів (більше ніж  $0.3 \text{ мг/дм}^3$ ) її розводили. У разі мутності воду освітлювали алюміній гідроксидом. До  $50 \text{ см}^3$  досліджуваної води додавали  $2 \text{ см}^3$  розчину реактиву Грісса та перемішували. Далі через 40 хв розчин аналізували спектрофотометричним методом при довжині хвилі  $520 \text{ нм}$  щодо розчину порівняння (дистильована вода з доданим реактивом Грісса).

Масову концентрацію нітритів у досліджуваних зразках води розраховано за формулою,  $\text{мг/дм}^3$  [14]:

$$w = \frac{c \cdot 50}{V}, \quad (1)$$

де  $c$  – концентрація, знайдена за калібрувальним графіком,  $\text{мг/дм}^3 \text{ NO}_2^-$ ;

$V$  – об'єм проби, взятий для аналізу,  $\text{см}^3$ ;

50 – об'єм стандартного розчину,  $\text{см}^3$ .

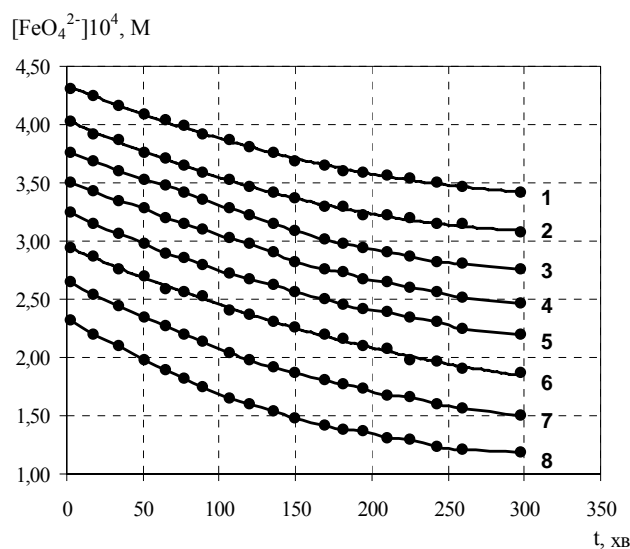
**Результати досліджень.** Проведено фератну технологію на модельних розчинах натрій нітриту. Ефективність фератів лужних металів як сильних окисників ( $E^0 = 2.20 \text{ В}$  – в кислому та  $E^0 = 0.72 \text{ В}$  – в лужному середовищі), дезинфікуючих засобів і коагулянтів показано для різних забруднювачів води [16–18].

Переважну кількість публікацій присвячено вивченню кінетики та механізму взаємодії йонів фератів (VI),  $\text{FeO}_4^{2-}$  зі шкідливими органічними та неорганічними сполуками. Реакції відбуваються в кислому, нейтральному та слабо лужному середовищі. Відомо, що стійкість фератів (VI) лужних металів при таких значеннях рН низька, і необхідно враховувати паралельну реакцію їхнього самочинного розкладу, швидкість якої може перевищувати швидкість основного процесу окиснення. При підвищенні рН стабільність фератних розчинів зростає.

Отже, доцільно вивчення окиснювальної здатності йону  $\text{FeO}_4^{2-}$  у сильно лужному середовищі. Відновником в цій реакції виступає нітрит-йон  $\text{NO}_2^-$ . Кінетика взаємодії ферата (VI) з нітрит-йоном вивчалася тільки в області низьких і середніх значень рН [18], а в середовищі з  $\text{pH} > 11$  даних в літературі не знайдено. Із використанням спектрофотометричного методу вивчено кінетику взаємодії сильно лужного розчину  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  з натрій нітритом.

У дослідах використано розчини ферату (VI) в 8.0 М NaOH, отримані при кімнатній температурі електрохімічним розчиненням залізного аноду [20].

Першу серію дослідів проведено з метою встановлення оптимального часу зберігання розчинів натрій ферату (VI) після синтезу. При використанні розчинів після трьох днів зберігання швидкість реакції зростає і досягає максимального значення після витримки 8 днів, а потім знову зменшується. Саме тому подальші досліді проведено при зберіганні розчинів 8 днів. Кінетичні криві взаємодії досліджуваних розчинів наведено на *рис. 1*.

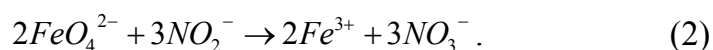


*Рис. 1.* Кінетика взаємодії розчинів ферату (VI) в 8.0 М NaOH з 2.0 М  $\text{NaNO}_2$  при  $T = 293 \text{ K}$  і зберіганні розчинів  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  після синтезу:  
1 – свіжий розчин; 2–8 – зберігання відповідно 2–8 днів

Моделльні розчини натрій нітриту приготовлено на бідистильованій воді. Концентрація вихідного розчину 2.0 М  $\text{NaNO}_2$  обрана, виходячи з границі розчинності натрій нітриту в 8.0 М  $\text{NaOH}$  при кімнатній температурі. Вихідний розчин  $\text{NaNO}_2$  розведено лугом аналогічної концентрації для отримання робочих розчинів – 0.5, 1.0, 1.5 М.

Оскільки ферати (VI) взаємодіють зі склом, то дослідження їх лужних розчинів проведено в поліетиленовому посуді. Для проведення експерименту змішували еквівалентні об'єми ( $5 \text{ см}^3$ ) натрій ферату (VI) та натрій нітриту, щільно закривали й перемішували 10–15 хв. Досліди проведено при різних концентраціях вихідних реагентів –  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  ( $10^{-5}$ – $10^{-4}$  М) та  $\text{NaNO}_2$  (0.5–2.0 М).

Схема окиснення натрій нітриту фератом (VI) у лужному середовищі:



Кінетику процесу окиснення вивчали спектрофотометричним методом за зміненням концентрації ферату (VI) з часом при довжині хвилі  $\lambda = 505 \text{ нм}$  і молярному коефіцієнті поглинання  $\varepsilon = 990 \text{ см}^{-1}\text{М}^{-1}$ . Досліди проведено у видимій області оптичного спектра з використанням скляних кювет протягом 300 хв, фіксуючи змінення концентрації  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  через кожні 15 хв.

З рис. 2 видно, що швидкість реакції збільшується класично з підвищенням концентрації нітриту від 0.5 до 2.0 М  $\text{NaNO}_2$ .

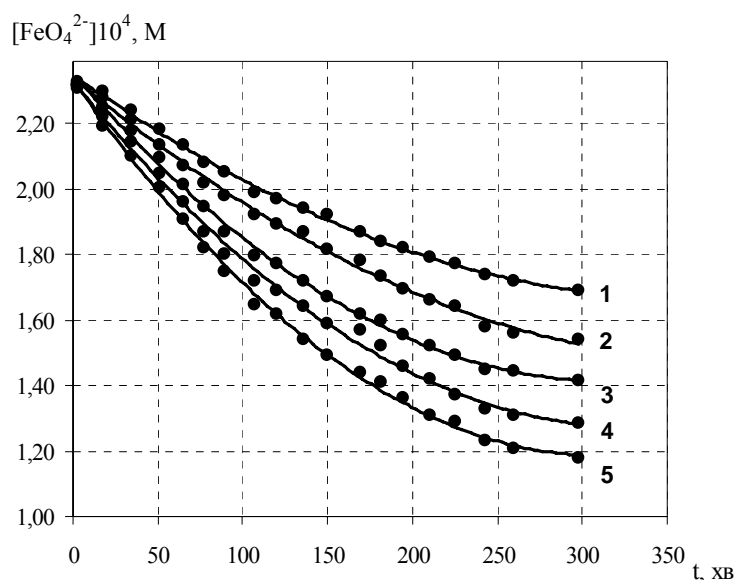


Рис. 2. Кінетика взаємодії розчинів ферату (VI) в 8.0 М  $\text{NaOH}$  з  $\text{NaNO}_2$  при зберіганні їх 8 днів при  $[\text{Fe(VI)}]_0 = 2.32 \cdot 10^{-4}$  М;  $T = 293 \text{ К}$ :

1 – фоновий розчин  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  без  $\text{NaNO}_2$ ;  
2–5 – розчини  $\text{Na}_2\text{FeO}_4$  + 0.5; 1.0; 1.5; 2.0 М  $\text{NaNO}_2$

Диференціальне рівняння для швидкості хімічної реакції має вигляд:

$$w = \frac{-d[FeO_4^{2-}]}{dt} = k[FeO_4^{2-}]^m [NO_2^-]^n, \quad (3)$$

де  $[FeO_4^{2-}]$  і  $[NO_2^-]$  – молярні концентрації ферату (VI) й нітриту відповідно;  $m$  і  $n$  – порядки реакції за фератом і нітритом;  $k$  – константа швидкості реакції (2).

Після обробки даних експерименту розраховані значення досліджуваних констант швидкостей за нітрит-йонами (табл. 1).

Таблиця 1

**Залежність досліджуваних констант швидкостей за нітрит-йонами від концентрації  $NaNO_2$  при кімнатній температурі**

$[NaNO_2], M$	$k_{\text{досл.}} \text{ за нітрит-йонами, хв}^{-1}$
0.5	$4.0 \cdot 10^{-4}$
1.0	$8.0 \cdot 10^{-4}$
1.5	$1.0 \cdot 10^{-3}$
2.0	$1.4 \cdot 10^{-3}$

За графічною залежністю  $\ln k_{\text{досл.}} = f(\ln[NaNO_2])$  (рис. 3) розрахована істинна константа швидкості реакції –  $k_{\text{іст.}} = \exp(-7.2093) = 7.40 \cdot 10^{-4} \text{ хв}^{-1}$ .

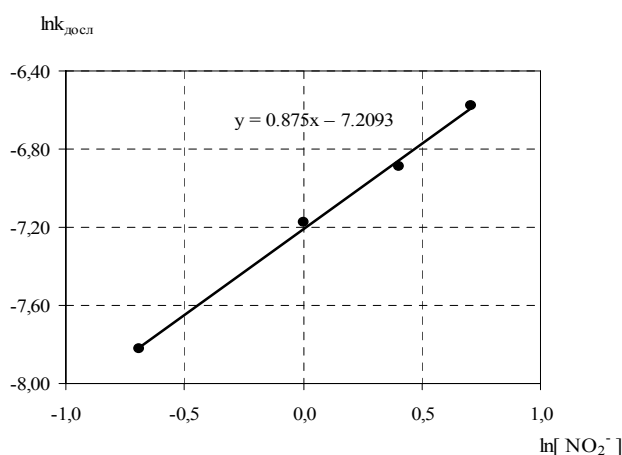


Рис. 3. Логарифмічна залежність досліджуваних констант швидкостей від концентрації нітрит-іонів при взаємодії розчинів натрій ферату (VI) в 8.0 М NaOH з  $NaNO_2$  при  $[Fe(VI)]_0 = 2.32 \cdot 10^{-4} \text{ М}$

Після застосування фератної технології на модельних розчинах натрій нітрити проведено аналіз зразків природної і питної води за аналогічною методикою. Результати спектрофотометричного аналізу з реактивом Грісса наведено в *табл. 2*.

Таблиця 2

**Вміст нітрит-йонів у зразках води до та після обробки  
за фератною технологією**

Джерело водопостачання	Вміст нітрит-йонів		ГДК NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup> [2]
	до очищення	після очищення	
Водопровідна	0.28–0.45	0.15–0.23	0.50
Артезіанська	0.027–0.053	0.012–0.025	0.10
Природна р. Дніпро	0.35–0.58	0.15–0.30	0.50
Природна р. Оріль	0.42–0.65	0.20–0.32	0.50
Колодязна	0.37–0.52	0.20–0.26	0.50

Вміст нітритів у колодязній воді та з річок до очищення перевищує норму ГДК [2]. Джерелом надходження нітратів і нітритів є розміщення в басейнах річок тваринницьких комплексів і підприємств із переробки сільськогосподарської продукції. Нітрати накопичуються в природних ґрунтових водах, після чого потрапляють до організму людини. Здатність нітратів відновлюватися до нітрит-йонів під впливом ферменту нітроредуктази в організмі людини спричиняє утворення метгемоглобіну [3]. Доведено, що за тривалого вжитку води з підвищеним вмістом нітрат- і нітрит-йонів у людей спостерігаються розлади в роботі травної, серцево-судинної та нервової систем. Під впливом мікроорганізмів шлунково-кишкового тракту утворюються канцерогенні речовини нітрозоаміни та нітрозоаміди [11].

Встановлено, що після використання фератної технології очищення вміст нітрит-йонів практично в усіх аналізованих зразках питної води зменшився майже вдвічі. Найменший вміст нітритів зафіксовано в артезіанській воді, оскільки до очищення кількість нітрит-йонів у ній була на порядок нижча.

**Висновки.** Доведено перспективність використання фератної технології для очищення природної питної води від токсичних нітрит-йонів. Визначено безпечність зразків питної води із джерел Дніпропетровської області за вмістом нітрит-йонів після її очищення за фератною технологією.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Курик М. В. Проблеми якості питної води в Україні / М. В. Курик, Г. М. Семчук, В. Ф. Скубченко // Міжнар. наук.-популяр. журн. "Физическая экология человека". — 2012. — № 2. — С. 45—53.

2. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" : ДСанПіН 2.2.4-171-10. — К. : Держспоживстандарт України, 2010. — 25 с.
3. Орлова Н. Я. Біохімія та фізіологія харчування : навч. посіб. / Н. Я. Орлова. — К. : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. — 281 с.
4. Резников А. А. Методы анализа природных вод / А. А. Резников, Е. П. Муликовская, И. Ю. Соколов. — М. : Недра, 1970. — 487 с.
5. Таубе П. Р. Практикум по химии воды : учебн. пособ. / П. Р. Таубе, А. Г. Баранова. — М. : Высш. шк., 1971. — 128 с.
6. Muller A. Recent developments in instrumental analysis for food quality / A. Muller, H. Steinhart // Journal of Food Chemistry. — 2007. — Vol. 102. — P. 436—444.
7. Instrumental techniques used for assessment of food quality / [W. Wardencki, P. Biernacka, T. Chmiel, T. Dymerski // Journal of Food Science. — 2009. — Vol. 3, N. 2. — P. 273—279.
8. Soniassy R. Water analysis. Organic Micropollutans : tutorial / R. Soniassy, P. Sandra, C. Schlett. — Germany : Hewlett Packard, 1994. — 249 p.
9. Попов М. Особливості застосування методу хромато-мас-спектрометрії / М. Попов // Журн. СЕС "Профілактична медицина". — 2012. — № 4. — С. 34—38.
10. Андрусишина І. М. Еколого-гігієнічний моніторинг перхлоратів у водах різного призначення в Україні / І. М. Андрусишина // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. — 2013. — № 2 (12). — С. 34—43.
11. Коваленко О. М. Нітрат-нітритна проблема та шляхи її вирішення / О. М. Коваленко, А. І. Горобець, А. М. Кучук // Науч. зап. Харьк. ин-та экологии и социальной защиты. — 2002. — Т. 2. — С. 3—13.
12. ДСТУ 4078–2001. Якість води. Визначання нітратів. Спектрометричний метод із застосуванням сульфосаліцилової кислоти. — [Чинний від 2003.01.01]. — К. : Держспоживстандарт України, 2001. — 12 с.
13. ДСТУ ISO 6777–2003. Якість води. Визначання нітритів спектрометричним методом молекулярної абсорбції. — [Чинний від 2004.01.10]. — К. : Держспоживстандарт України, 2005. — 11 с.
14. Бриндзя І. В. Сезонна динаміка неорганічних сполук Нітрогену у воді з криниць на Прикарпатті / І. В. Бриндзя // Наук. часоп. Нац. педаг. ун-ту ім. М. П. Драгоманова. — 2013. — Вип. 5. — С. 211—217. — (Серія 20. — "Біологія").
15. Спосіб очистки питної води від нітрат-йонів / [Н. Б. Сененко, Д. О. Стороженко, А. І. Сененко, П. В. Писаренко, Г. В. Степаненков] // Вісн. Полтав. держ. аграр. акад. — 2014. — № 1. — С. 91—95.
16. Дедушенко С. К. Некоторые практические аспекты ферратной технологии очистки воды / С. К. Дедушенко, Ю. Д. Перфильев, Л. А. Куликов // Энергосбережение и водоподготовка. — 2012. — Т. 3. — С. 34—36.
17. Ferrates (iron (VI) and iron (V)) environmentally friendly oxidants and disinfectants / [V. K. Sharma, F. Kazama, H. Jiangyong, A. K. Ray] // Journal of Water and Health. — 2005. — Vol. 3. — P. 45—58.
18. Carr J. D. Kinetics and product identification of oxidation by ferrate (VI) of water and aqueous nitrogen containing solutes / J. D. Carr, V. K. Sharma // ACS Symposium series. — 2006. — Vol. 48. — P. 189—196.



19. *Absorption of NO and CO by the alkaline solutions of sodium ferrate / [D. A. Golovko, I. V. Goncharova, I. D. Golovko, E. A. Belyanovskaya, F. I. Danilov] // ACS Symposium series. — 2006. — Vol. 48. — P. 215—217.*
20. *Головко И. Д. Электрохимический синтез феррата натрия в щелочной среде с использованием анода из стали марки Ст. 3 / И. Д. Головко, Ф. И. Данилов // Вопр. химии и хим. технологии. — 2007. — № 2. — С. 167—170.*

*Стаття надійшла до редакції 12.05.2015.*

***Goncharova I. The ferrate technology of cleaning water from natural sources from nitrite.***

**Background.** The purification of natural water to obtain safe drinking water of high quality is essential. The basic indices and methods for determining the quality and safety of natural drinking water were analyzed [2; 4; 5]. The maximum permissible concentration of nitrates and nitrites in the water has been shown [2]. Methods for cleaning natural drinking water from toxic nitrate- and nitrite-ions were reviewed [12–15]. Nowadays a group of methods of water purification from the contaminants using the new ferrate technology is perspective [16–18].

*The aim* of the scientific work is application of the ferrate technology for purification of water from natural sources from the toxic nitrite ions and determination of purification degree by the spectrophotometric method.

**Material and methods.** Objects of study are samples of natural drinking water from the surface and ground water sources of Dnipropetrovsk region.

The cleaning of drinking water from toxic nitrite ions was held by ferrate technology [17].

Determination of nitrite content in the samples of natural drinking water before and after cleaning was done by the spectrophotometric method with Griss reagent with the formation of dual Nitrogen compound with 1-naphthylamine in a red-purple color [14]. Experiments were conducted on a spectrophotometer *Specord 205 Analytik Jena company* in the visible spectrum using glass cuvettes.

**Results.** The kinetics of interaction in alkaline solutions of sodium ferrate (VI) with sodium nitrite was studied, the true rate constant of a chemical reaction was calculated. The possibility of determining the safety of drinking water on natural content of nitrite ions before and after purification by ferrate technology has been shown. It was found that the content of nitrite ions in the analyzed samples of drinking water is two times less after using the ferrate technology. The lowest nitrite content was recorded in the Artesian water.

**Conclusion.** Prospects of using the ferrate technology to clean natural drinking water from toxic nitrite ions were proven. The safety of drinking water samples from Dnipropetrovsk region sources by the contents of nitrites after its purification by the ferrate technology was determined.

*Keywords:* drinking water, quality and safety of water, ferrate technology, nitrite-ions, spectrophotometric method, redox reactions.

#### REFERENCES

1. *Kuryk M. V. Problemy jakosti pytnoi' vody v Ukraini / M. V. Kuryk, G. M. Semchuk, V. F. Skubchenko // Mizhnar. nauk.-populjar. zhurn. "Fizicheskaja jekologija cheloveka". — 2012. — № 2. — S. 45—53.*

2. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla "Gigijenichni vymogy do vody pytnoi, pryznachenoi" dlja spozhyvannja ljudynoju" : DSanPiN 2.2.4-171-10. — K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2010. — 25 s.
3. Orlova N. Ja. Biohimija ta fiziologija harchuvannja : navch. posib. / N. Ja. Orlova. — K. : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2008. — 281 c.
4. Reznikov A. A. Metody analiza prirodnyh vod / A. A. Reznikov, E. P. Mulikovskaja, I. Ju. Sokolov. — M. : Nedra, 1970. — 487 s.
5. Taube P. R. Praktikum po himii vody : uchebn. posob. / P. R. Taube, A. G. Baranova. — M. : Vyssh. shk., 1971. — 128 s.
6. Muller A. Recent developments in instrumental analysis for food quality / A. Muller, H. Steinhart // Journal of Food Chemistry. — 2007. — Vol. 102. — P. 436—444.
7. Instrumental techniques used for assessment of food quality / [W. Wardencki, P. Biernacka, T. Chmiel, T. Dymerski // Journal of Food Science. — 2009. — Vol. 3, N. 2. — P. 273—279.
8. Soniassy R. Water analysis. Organic Micropollutants : tutorial / R. Soniassy, P. Sandra, C. Schlett. — Germany : Hewlett Packard, 1994. — 249 p.
9. Popov M. Osoblyvosti zastosuvannja metodu hromato-mas-spektrometrii' / M. Popov // Zhurn. SES "Profylaktychna medycyna". — 2012. — № 4. — S. 34—38.
10. Andrusyshyna I. M. Ekologo-gigijenichnyj monitoring perhlorativ u vodah riznogo pryznachennja v Ukraini / I. M. Andrusyshyna // Voda i vodoochysni tehnologii'. Naukovo-tehnichni visti. — 2013. — № 2 (12). — S. 34—43.
11. Kovalenko O. M. Nitrat-nitrytna problema ta shljahy i'i vyrishennja / O. M. Kovalenko, A. I. Gorobec', A. M. Kuchuk // Nauch. zap. Har'k. in-ta jekologii i social'noj zashhity. — 2002. — T. 2. — S. 3—13.
12. DSTU 4078–2001. Jakist' vody. Vyznachannja nitrativ. Spektrometrychnyj metod iz zastosuvannjam sul'fosalicyl'ovoi' kysloty. — [Chynnyj vid 2003.01.01]. — K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2001. — 12 c.
13. DSTU ISO 6777–2003. Jakist' vody. Vyznachannja nitrytiv spektrometrychnym metodom molekularnoi' absorbcii'. — [Chynnyj vid 2004.01.10]. — K. : Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2005. — 11 c.
14. Bryndzja I. V. Sezonna dynamika neorganichnyh spoluk Nitrogeneru u vodi z krynye' na Prykarpatti / I. V. Bryndzja // Nauk. chasop. Nac. pedag. un-tu im. M. P. Dragomanova. — 2013. — Vyp. 5. — S. 211—217. — (Serija 20. — "Biologija").
15. Sposib ochystky pytnoi' vody vid nitrat-joniv / [N. B. Senenko, D. O. Storozhenko, A. I. Senenko, P. V. Pysarenko, G. V. Stepanenkov] // Visn. Poltav. derzh. agrar. akad. — 2014. — № 1. — S. 91—95.
16. Dedushenko S. K. Nekotorye prakticheskie aspekty ferratnoj tehnologii ochistki vody / S. K. Dedushenko, Ju. D. Perfil'ev, L. A. Kulikov // Jenergosberezenie i vodo-podgotovka. — 2012. — T. 3. — S. 34—36.
17. Ferrates (iron (VI) and iron (V)) environmentally friendly oxidants and disinfectants / [V. K. Sharma, F. Kazama, H. Jiangyong, A. K. Ray] // Journal of Water and Health. — 2005. — Vol. 3. — P. 45—58.
18. Carr J. D. Kinetics and product identification of oxidation by ferrate (VI) of water and aqueous nitrogen containing solutes / J. D. Carr, V. K. Sharma // ACS Symposium series. — 2006. — Vol. 48. — P. 189—196.
19. Absorption of NO and CO by the alkaline solutions of sodium ferrate / [D. A. Golovko, I. V. Goncharova, I. D. Golovko, E. A. Belyanovskaya, F. I. Danilov] // ACS Symposium series. — 2006. — Vol. 48. — P. 215—217.
20. Golovko I. D. Jelektrohimicheskij sintez ferrata natrija v shhelochnoj srede s ispol'zovaniem anoda iz stali marki St. 3 / I. D. Golovko, F. I. Danilov // Vopr. himii i him. tehnologij. — 2007. — № 2. — S. 167—170.