

УДК 543.3:626.22

ГОНЧАРОВА Ірина,*к. х. н., доцент кафедри товарознавства,
управління безпекою та якістю**Київського національного торговельно-економічного університету***ГОЛОВКО Дмитро,***к. х. н., доцент кафедри технології неорганічних речовин та екології**Українського державного хіміко-технологічного університету, м. Дніпро*

АДСОРБЦІЙНЕ ОЧИЩЕННЯ БЮВЕТНОЇ ВОДИ ВІД ЙОНІВ ФЕРУМУ(III)

Проаналізовано методи очищення води природних джерел. Фізико-хімічним аналізом встановлено склад зразків бюветної води Деснянського району м. Києва. Визначено загальну твердість, активну кислотність і вміст йонів Феруму(III) в бюветній воді. Обґрунтовано перспективність методу адсорбційного очищення бюветної води від надлишкових йонів Феруму(III) активованим вугіллям.

Ключові слова: бюветна вода, якість, безпека, загальна твердість, активна кислотність, вміст йонів Феруму(III), адсорбційне очищення.

Гончарова И., Головка Д. Адсорбционная очистка бюветной воды от ионов железа(III). Проанализированы методы очистки воды природных источников. Физико-химическим анализом установлен состав проб бюветной воды Деснянского района г. Киева. Определена общая жесткость, активная кислотность и содержание ионов железа(III) в бюветной воде. Обоснована перспективность метода адсорбционной очистки бюветной воды от избыточных ионов железа(III) активированным углем.

Ключевые слова: бюветная вода, качество, безопасность, общая жесткость, активная кислотность, содержание ионов железа(III), адсорбционная очистка.

Постановка проблеми. Сьогодні одним із пріоритетних завдань для багатьох регіонів України є забезпечення населення питною водою – незамінним компонентом здорової життєдіяльності. Адже здоров'я людини на 70 % залежить від якості та безпечності води й перебуває в прямому взаємозв'язку зі складом природних вод у джерелах, з яких здійснюється регулярне водопостачання [1; 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 токсинів, регулює температуру тіла, забезпечує зволоження клітин і суглобів, підтримує імунну систему, виступає важливим компонентом травних соків [3]. Усі фізико-хімічні процеси в організмі відбуваються у водних розчинах, а тканини людини являють собою водно-колоїдні системи.

© Гончарова Ірина, Головка Дмитро, 2018

Для забезпечення цілісності функціонування організму необхідне споживання питної води, яка за органолептичними властивостями, хімічним і мікробіологічним складом та радіологічними показниками відповідає державним стандартам і санітарному законодавству відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4].

Вода природних джерел – складна дисперсна система, що містить безліч різноманітних мінеральних елементів, органічних і неорганічних сполук, склад і співвідношення яких визначаються умовами її формування. Якість і безпечність води зумовлені комплексом хімічних, фізико-хімічних, біологічних компонентів і фізичних властивостей, які визначають придатність води для певних видів користування [5].

Аналіз води включає визначення таких параметрів, як: температура, смак, запах, забарвлення, мутність, вміст завислих речовин, твердість, лужність, загальна та активна кислотність, вміст хлоридів, сульфатів, нітритів, нітратів, фосфатів, силікатів, амоніаку, йонів Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Na^+ , K^+ , Al^{3+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , 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 [6; 7].

До сучасних фізико-хімічних методів аналізу природної води належать: спектрофотометрія, кондуктометрія, рН-метрія, йонометрія, атомно-абсорбційна спектроскопія, газова, рідинна та йонообмінна хроматографія [8; 9].

Особлива увага приділяється визначенню безпечності води природних джерел на вміст шкідливих домішок, а саме: важких металів, нітратів, нітритів, пестицидів, тригалогенметанів, антиоксидантів, консервантів, ціанідів тощо [7; 10; 11].

Серед методів очищення природної води відомі: відстоювання, фільтрація, ультрафільтрація, зворотний осмос, йонний обмін, коагуляція, сорбція [12–15].

Сьогодні велика частина жителів м. Києва використовує в повсякденному житті бюветну воду. *По-перше*, на відміну від водопровідної її не знезаражують хлором. *По-друге*, бюветна вода надходить з артезіанської свердловини. Артезіанський водопровід м. Києва експлуатує свердловини двох водоносних горизонтів: сеноманкеловейського та середньоюрського. Воду з цих горизонтів піднімають насосами з глибини від 180 до 360 м. Водночас у м. Києві існує централізована система водопостачання. Для кожного району збудовано пункти роздачі води із артезіанських свердловин безпосередньо у бювети. Виробничий контроль за показниками якості бюветної води здійснюється органами Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів відповідно до статті 44 Закону України "Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення" [16].

Водночас проблемою населення, яке використовує воду з бюветів, є його думка, що вода в них чиста, доброякісна, без сторонніх домішок. Проте в деяких випадках і бюветна вода може містити підвищену кількість Феруму, Мангану, гідроген сульфід, сульфатів, хлоридів, карбонатів, що вимагає її додаткового очищення.

Мета роботи – визначення оптимальних параметрів проведення адсорбційного очищення води від надлишкових йонів Феруму(III) після дослідження якості та безпечності бюветної води Деснянського району м. Києва фізико-хімічними методами.

Матеріали та методи. *Об'єкти дослідження* – зразки питної води з 18-ти бюветів Деснянського району м. Києва.

Загальну твердість бюветної води визначено комплексометричним методом, заснованим на взаємодії катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} з трилоном Б в аміачному буферному розчині (рН 9.5) з утворенням внутрішньо-комплексних сполук. Активну кислотність вимірювали рН-метром *ULAB MP 511*.

Вміст йонів Феруму(III) до та після адсорбції визначено спектрофотометричним методом, який базується на утворенні червоно-фіолетової комплексної сполуки йонів Fe^{3+} з сульфосаліциловою кислотою. Залежно від рН утворюються комплекси різного забарвлення: червоно-фіолетовий (рН 1.8–2.5), червоний (рН 4–6) та жовтий (рН 8–11) [17].

Досліди проведено в області рН 1.8–2.5 на спектрофотометрі *Specord 210* компанії *Analytik Jena* при довжині хвилі 510 нм (рис. 1).

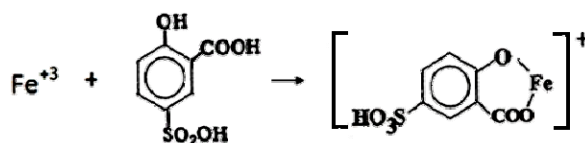


Рис. 1. Схема утворення комплексу Феруму(III) із сульфосаліциловою кислотою

Очищення зразків бюветної води від йонів Fe^{3+} проведено адсорбційним методом із використанням активованого вугілля марки *NORIT SA4 PAH* (Голандія) як із модельних розчинів $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$, так і зразків бюветної води за температури 20 °С. Наважка сорбенту становила 0.2 г, об'єм модельних розчинів – 50 см³, час адсорбції – 10 хв.

При проведенні адсорбції із зразків бюветної води в мірні колби місткістю 50 см³ поміщали 25 см³ досліджуваної води з бюветів, додавали 21 см³ дистильованої води та 0.2 г активованого вугілля. Адсорбцію проведено протягом 10 хв і розчини відфільтровано. Після цього додавали 3 см³ 0.1 % сульфосаліцилової кислоти та 1 см³ 0.5 н сульфатної кислоти, перемішували й виміряли оптичну густину одержаного розчину при $\lambda=510$ нм.

Результати досліджень. Загальна твердість води – це сукупність властивостей води, обумовлених наявністю в ній катіонів Ca^{2+} і Mg^{2+} . Вона складається з карбонатної (тимчасової) та некарбонатної (постійної) твердості. Перша викликана наявністю гідрокарбонатів Ca^{2+} і Mg^{2+} , друга – наявністю сульфатів, хлоридів, нітратів, силікатів [17]. Оскільки 1 мекв твердості відповідає вмісту 20.04 мг/дм^3 йонів Ca^{2+} або 12.16 мг/дм^3 йонів Mg^{2+} , то загальну твердість води обчислюють за формулою:

$$T = \frac{[\text{Ca}^{2+}]}{20.04} + \frac{[\text{Mg}^{2+}]}{12.16}, \quad (1)$$

де $[\text{Ca}^{2+}]$ і $[\text{Mg}^{2+}]$ – концентрації йонів Ca^{2+} і Mg^{2+} , мг/дм^3 .

Результати загальної твердості та активної кислотності зразків води з бюветів наведено в *табл. 1*.

Таблиця 1

Загальна твердість і рН зразків бюветної води

Номер зразка	Адреса бювета	Загальна твердість, $\text{мг} \cdot \text{екв/дм}^3$	рН
1	вул. Курчатова, 8-б	6.85	6.95
2	вул. Бойченка, 15/17	7.30	7.12
3	вул. Жукова, 29	6.72	7.24
4	вул. Волкова, 12-а	3.28	7.05
5	вул. Жукова, 45-в	6.93	6.93
6	просп. Лісовий, 18	7.35	7.14
7	вул. Кірова, 2-б	5.24	6.95
8	вул. Радунська, 5	6.82	7.03
9	Вигурівський б-р, 6	7.15	7.26
10	вул. Бальзака, 80	7.23	7.24
11	вул. Бальзака, 63	7.25	7.35
12	вул. Милославська, 35	6.94	7.52
13	вул. Милославська, 17-а	7.35	7.27
14	вул. Закревського, 85	8.63	6.93
15	вул. Сабурова, 9/61	7.95	7.35
16	вул. Лаврухіна, 11	9.34	7.38
17	вул. Будищанська, 9/40	7.82	7.53
18	просп. Маяковського, 54/9	7.16	7.25

Згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 прийнято, що показник твердості води фасованої, з пунктів розливу та з питних бюветів становить $7.0 \text{ мг} \cdot \text{екв/дм}^3$ [4]. Отже, досліджувані зразки питної води 11-ти бюветів з 18-ти не відповідають санітарній нормі. Рівень перевищення норми твердості води в різних бюветах неоднаковий. У трьох джерелах (зразки № 9, 10, 18) він найменший і становить $0.1\text{--}0.2 \text{ мг} \cdot \text{екв/дм}^3$; в інших чотирьох (зразки № 2, 6, 11, 13) – середній, на $3.6\text{--}5.0 \%$

вищий за норму. У двох бюветах (зразки № 15, 17) – високий, на 0.8–1.0 мг·екв/дм³ вище за норму, а в бюветах на вул. Закревського, 85 і Лаврухіна, 11 (зразки № 14, 16) – неприпустимий – перевищення становить 1.63 і 2.34 мг·екв/дм³ відповідно. Водночас загальна твердість води з бюветів № 4, 7 є значно нижчою.

У природних умовах солі надходять у воду внаслідок взаємодії карбон(IV) оксиду з карбонатними мінералами, хімічного вивітрювання та розчинення гірських порід. Вміст солей впливає на органолептичні властивості води, надаючи їй гіркуватого смаку. Наслідками твердості води є захворювання на гастрит і дуоденіт, виразкову хворобу, виникнення "кам'яних захворювань" та подагри. Вода з низькою твердістю сприяє виникненню серцево-судинних захворювань.

Для пом'якшення води застосовують термічні, реагентні, йонообмінні методи. Термічне пом'якшення засновано на нагріванні, дистиляції або виморожуванні води. Реагентне пом'якшення об'єднує методи, суть яких полягає у зв'язуванні йонів Ca²⁺ і Mg²⁺ реагентами в нерозчинні речовини, що легко видаляються з води. Йонний обмін заснований на фільтруванні води крізь йоніти, які обмінюють йони Na⁺ і H⁺, що входять до їх складу, на йони Ca²⁺ і Mg²⁺, які містяться у воді [5; 12].

Залежно від рН природні води класифікують: сильнокислі – до 3.0; кислі – 3.0–5.0; слабокислі – 5.0–6.5; нейтральні – 6.5–7.5; слаболужні – 7.5–8.5; лужні – 8.5–9.5; сильнолужні – більше 9.5 [5; 7]. Відповідно до ДСанПіН 2.2.4-171-10 активна кислотність питної води з пунктів розливу та бюветів має відповідати рН 6.5–8.5 [4]. Отже, всі досліджувані зразки бюветної води мають значення рН в межах норми, а відповідно до класифікації вода з бюветів є нейтральною (див. *табл. 1*).

Ферум – один із основних елементів природної води, де він може перебувати у вигляді двох- і тривалентних йонів, колоїдів органічного та неорганічного походження, таких як Fe(OH)₃, FeS, Fe(OH)₂, комплексних сполук з гумату та фульвокислот, а також у вигляді тонкодисперсної суспензії. Переважною формою існування Феруму в підземних водах є ферум(II) гідрокарбонат, який стійкий лише за наявності великих кількостей вуглекислоти та відсутності розчиненого кисню. При підвищенні рН та появи у воді кисню або інших окиснювачів відбувається гідроліз, і Fe(HCO₃)₂ переходить у малорозчинний Fe(OH)₂. При цьому утворюється ряд проміжних сполук, і в природній воді одночасно присутні як недисоційовані молекули, так і йони: Fe(HCO₃)₂, Fe(OH)₂, Fe²⁺, Fe(OH)⁺. Далі відбувається окиснення ферум(II) гідроксиду до ферум(III) гідроксиду. Водночас тут присутні проміжні сполуки, такі як Fe(OH)²⁺ та Fe(OH)₂⁺. Цей процес у природних умовах протікає за участю мікроорганізмів.

Добова фізіологічна норма для дорослої людини макроелементу Феруму становить 15–20 мг/добу [3]. Сьогодні, незважаючи на значний вміст Феруму в певних продуктах харчування, проблема біодоступності цього нутрієнта залишається актуальною у зв'язку з розпов-

сходженням серед населення гіпохромних анемії. Частково сполуки Феруму потрапляють до організму людини з питною водою. Згідно з нормами ДСанПіН 2.2.4-171-10, у питній бюветній воді Феруму(III) повинно бути не більше 0.2 мг/дм^3 [4]. Підвищений вміст йонів Феруму(III) у питній воді додає їй іржавий колір і металевий присмак. Сполуки Феруму відкладаються в органах і тканинах, що, зі свого боку, може призвести до порушення функції слизової оболонки шлунка [12; 14].

Серед методів очищення води природних джерел актуальними сьогодні є сорбційні методи [18; 19]. Відомо, що сорбент має здатність взаємодіяти із сорбатом шляхом адсорбції, абсорбції, йонного обміну та комплексоутворення. Адсорбенти, абсорбенти, йонообмінні матеріали, комплексоутворювачі – це засоби очищення природної води [20]. Найбільш доступним сорбентом для очищення питної води є активоване вугілля. Використання різноманітних способів його модифікування для підвищення селективності призводить до подорожчання сорбентів [19].

Одночасно широкого застосування набуло очищення води від йонів Феруму різними методами. Відомі реагентні, каталітичні, йонообмінні, біохімічні методи знезалізнення води природних джерел [21–23].

Проведено спектрофотометричне визначення вмісту йонів Феруму(III) в зразках бюветної води та адсорбційне очищення за допомогою активованого вугілля від надлишкових йонів Fe^{3+} .

Першу серію дослідів виконано на модельних розчинах $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ з концентраціями 4.0; 8.0; 12.0; 16.0; 20.0 $\text{мг/дм}^3 \text{Fe}^{3+}$.

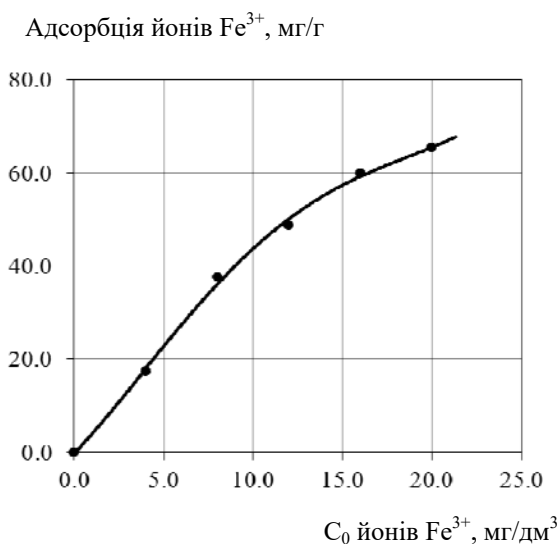


Рис. 2. Ізотерма адсорбції Ленгмюра з модельних розчинів Fe^{3+}

На рис. 2 представлено ізотерму адсорбції Ленгмюра – залежність адсорбції йонів Феруму(III) від їх початкової концентрації в розчині. Класично зі збільшенням концентрації йонів Fe^{3+} в розчині, адсорбція зростає.

При максимальній концентрації йонів Феруму(III) – 20 мг/дм^3 адсорбція на активованому вугіллі становить 65.48 мг/г , що в 2.5 рази вище, ніж при використанні модифікованого вугілля із відходів переробки сільськогосподарської сировини [18].

Установлено вплив кількості адсорбенту на якість адсорбції. Так, при масах активованого вугілля 0.2 та 0.4 г і однакових концентраціях розчинів кількість адсорбованого Феруму(III) збільшується практично однаково.

Окремою серією дослідів визначено, що оптимальний час проведення процесу адсорбції становить 10 хв.

На *рис. 3* представлено ізотерму адсорбції Фрейндліха із модельних розчинів Феруму(III) в логарифмічних координатах.

$$\lg\left(\frac{X}{m}\right) = \lg a + \frac{1}{n} \lg C_0, \quad (2)$$

де $\frac{X}{m}$ – адсорбція;

C_0 – початкова концентрація йонів Fe^{3+} ;

a, n – емпіричні константи в рівнянні Фрейндліха.

Із представленою рисунку розраховано константи в рівнянні Фрейндліха:

$$\lg a = 0.74, a = 5.52; \quad \frac{1}{n} = 0.86, n = 1.16.$$

Отже, рівняння Фрейндліха для адсорбції із модельних розчинів Fe^{3+} має вигляд:

$$\lg\left(\frac{X}{m}\right) = 0.74 + 0.86 \cdot \lg C_0 \quad \text{або} \quad \frac{X}{m} = 5.52 \cdot C_0^{0.86}. \quad (3)$$

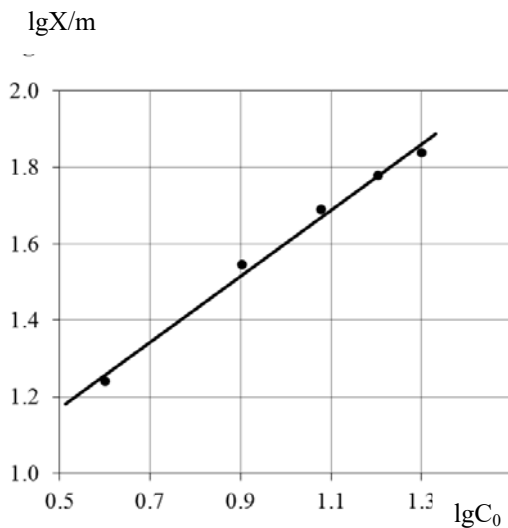


Рис. 3. Ізотерма адсорбції Фрейндліха із модельних розчинів Fe^{3+}

Феруму(III). В інших зразках води з бюветів вміст йонів Fe^{3+} перевищує норму: в зразках № 3, 10, 11, 12, 13, 16 – на 0.04–0.12 мг/дм³, в № 15, 17, 18 – удвічі, в № 2, 14 – у 3–4 рази, а у воді з бювету № 4 (вул. Волкова, 12-а) – у 8.75 рази. Таке становище радше пов'язано із застарілими металевими трубами.

Після застосування методу адсорбційного очищення на модельних розчинах проведена адсорбція на активованому вугіллі 18-ти проб бюветної води та видалення надлишкових йонів Fe^{3+} .

Результати вмісту йонів Феруму(III) в бюветній воді до та після адсорбції наведено в *табл. 2*.

Результати дослідів показали, що лише третина досліджуваних зразків води з бюветів (№ 1, 5, 6, 7, 8, 9) не перевищують норму стандарту [4] за вмістом

Таблиця 2

Вміст йонів Феруму(III) в бюветній воді до та після адсорбції

Номер зразка	Адреса бювету	Вміст Fe^{3+} , мг/дм ³	
		до адсорбції	після адсорбції
1	вул. Курчатова, 8-б	0.20	0.080
2	вул. Бойченка, 15/17	0.76	0.095
3	вул. Жукова, 29	0.28	0.075
4	вул. Волкова, 12-а	1.75	0.070
5	вул. Жукова, 45-в	0.16	0.100
6	просп. Лісовий, 18	0.20	0.080
7	вул. Кірова, 2-б	0.20	0.080
8	вул. Радунська, 5	0.12	0.100
9	Вигурівський б-р, 6	0.20	0.080
10	вул. Бальзака, 80	0.28	0.075
11	вул. Бальзака, 63	0.32	0.070
12	вул. Милославська, 35	0.25	0.072
13	вул. Милославська, 17-а	0.24	0.073
14	вул. Закревського, 85	0.60	0.080
15	вул. Сабурова, 9/61	0.36	0.077
16	вул. Лаврухіна, 11	0.27	0.073
17	вул. Будищанська, 9/40	0.45	0.076
18	просп. Маяковського, 54/9	0.40	0.080

Із отриманих даних (див. *табл. 2*) видно, що в усіх дослідних зразках бюветної води після адсорбції вміст йонів Феруму(III) зменшився і не перевищує норму 0.2 мг/дм³ [4]. Адсорбція йонів Fe^{3+} збільшується з ростом їх початкової концентрації в бюветній воді. Отже, адсорбція йонів Феруму(III) у воді з бюветів, по аналогії з модельними розчинами, підпорядковується ізотермі Ленгмюра. Після очищення за адсорбційним методом на активованому вугіллі всі зразки бюветної води є безпечними на вміст йонів Fe^{3+} .

Висновки. Результати фізико-хімічного дослідження зразків бюветної води Деснянського району м. Києва показали відповідність стандарту лише за показниками активної кислотності й незадовільний стан води за більшістю показників загальної твердості та йонів Феруму(III). Розглянуто різні сполуки Феруму, що містяться в бюветній воді, та їх вплив на організм людини. Застосований метод адсорбційного очищення на активованому вугіллі для видалення надлишкових йонів Fe^{3+} з бюветної води може гарантувати безпечність її за цим показником.

Результати дослідження свідчать про альтернативу щодо застосування цієї технології для інших зразків питної води.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Курик М. В., Семчук Г. М., Скубченко В. Ф.* Проблеми якості питної води в Україні. Міжнар. наук.-популяр. журн. "Физическая экология человека". 2012. № 2. С. 45–53.
2. *Бережнов С. П.* Питна вода як фактор національної безпеки. Журн. СЕС "Профілактична медицина". 2006. № 4. С. 8–13.
3. *Орлова Н. Я.* Біохімія та фізіологія харчування : навч. посіб. Київ : Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2008. 281 с.
4. Державні санітарні норми та правила "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" : ДСанПіН 2.2.4-171-10. Київ : Держспоживстандарт України, 2010. 25 с.
5. *Таубе П. Р., Баранова А. Г.* Практикум по химии воды : учеб. пособ. М. : Вышш. шк., 1971. 128 с.
6. *Резников А. А., Муликовская Е. П., Соколов И. Ю.* Методы анализа природных вод. М. : Недра, 1970. 487 с.
7. *Кульский Л. А., Накорчевская В. Ф.* Химия воды: Физико-химические процессы обработки природных и сточных вод. Київ : Вища шк., 1983. 240 с.
8. *Wardencki W., Biernacka P., Chmiel T., Dymerski T.* Instrumental techniques used for assessment of food quality. *Journal of Food Science*. 2009. Vol. 3, N. 2. P. 273–279.
9. *Soniassy R., Sandra P., Schlett C.* Water analysis. Organic Micropollutans : tutorial. Germany : Hewlett Packard, 1994. 249 p.
10. *Гончарова І. В.* Фератна технологія очищення води природних джерел від нітритів. Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки". 2015. № 1 (19). С. 50–59.
11. *Попов М.* Особливості застосування методу хромато-маспектрометрії. Журн. СЕС "Профілактична медицина". 2012. № 4. С. 34–38.
12. *Іванченко Л. В., Кожухар В. Я., Брем В. В.* Хімія і технологія води : навч. посіб. Одеса : Екологія, 2017. 210 с.
13. *Сорокіна К. Б.* Технологія очищення води від розчинених домішок: конспект лекцій "Водопостачання і водовідведення". Харків : ХНАМГ, 2007. 103 с.
14. *Физико-химические методы очистки воды. Управление водными ресурсами ; под ред. И. М. Астрелина.* Київ : Проект "Водная гармония", 2015. 614 с.
15. *Гончарова І. В., Язвінська К. В.* Визначення якості та безпечності питної бюветної води. V Міжнар. наук.-практ. конф. "Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти". Київ : КПІ, 2017. С. 101–102.
16. Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення : Закон України від 18.05.2017 р. № 2047–VIII.
17. *Кореман Я. И.* Практикум по аналитической химии. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1989. 225 с.
18. *Bsoul A. A., Zeatoun L., Abdelhay A., Chiha M.* Adsorption of copper ions from water by different types of natural seed materials. *Desalination and Water Treatment*. 2014. Vol. 52. P. 5876–5882.
19. *Лузій О. М., Пасальський Б. К., Чикун Н. Ю.* Фосфоровмісні вуглецеві сорбенти для очистки води. Міжнар. наук.-практ. журн. "Товари і ринки". 2014. № 1 (17). С. 159–166.

20. Березкин В. И. Введение в физическую адсорбцию и технологию углеродных адсорбентов. СПб. : Виктория плюс, 2013. 409 с.
21. Гомеля М. Д., Твердохліб М. М. Дослідження ефективності очищення води від сполук заліза за допомогою модифікованих фільтрувальних завантажень. Сх.-Європейський журн. передових технологій. 2016. Т. 2, № 10 (80). С. 47–52.
22. Гончарук В. В., Кавицкая А. А., Скильская М. Д. Наночільтрація в питтьевом водоснабженні. Хімія і технологія води. 2011. Т. 33, № 1. С. 63–94.
23. Яворський В. Т., Савчук Л. В., Рубай О. І. Перспективні напрямки очищення свердловинних вод від сполук Феруму. Вісн. НУ "Львівська політехніка". Серія: Хімія, технологія речовин та їх застосування. 2011. № 700. С. 50–54.

Стаття надійшла до редакції 10.05.2018.

Goncharova I., Golovko D. Adsorption purification of water from the pump-rooms from of iron(III) ions.

Background. Today, the population of Kiev has become a popular use in the everyday life of water from the pump-rooms. That is why physico-chemical analysis of water from natural sources is important. The basic indexes and methods for determining the quality of natural drinking water were analyzed [4; 6; 9]. A particular attention is paid to determining the safety of water from natural sources for the content of harmful impurities [7; 10; 11]. The classification of natural water purification methods is considered [12–15]. Methods of natural water purification based on the sorption processes are actual [18; 19].

The aim of work is the determination of optimal parameters for adsorption of water purification from excess of iron(III) ions after the study of quality and safety of the water from the pump-rooms of the Desnianskyi district of Kyiv by physico-chemical methods.

Material and methods. The objects of the study are samples of drinking water from the 18 pumps-rooms in Desnianskyi district of Kyiv.

The total hardness of water from the pump-rooms has been determined by the complexometric method, which is based on the interaction of Ca^{2+} and Mg^{2+} cations with trilon B in an ammoniac buffer solution (pH 9.5) with the formation of intra-complex compounds. The active acidity has been measured with the pH meter *ULAB MP 511*.

A spectrophotometric method which is based on the formation of a red-violet complex of Fe^{3+} ions with sulfosalicylic acid at pH 1.8–2.5 [17] was used to determine the content of iron(III) ions. The experiments were carried out on the spectrophotometer Specord 210 of the company Analytik Jena at a wave length of 510 nm.

Purification of water from the pump-rooms samples from Fe^{3+} ions was carried out by the adsorption method with activated carbon of the brand *NORIT SA4 PAH, the Netherlands*. Adsorption has been done from the model solutions of $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ and samples of water from the pump-rooms. The weight of sorbent was 0.2 g, volume of solution – 50 ml, adsorption time – 10 minutes, temperature of the study – 20 °C.

Results. The quality of 18 samples of water from the pump-rooms in Desnianskyi district of Kyiv is determined. The total hardness, active acidity and iron(III) ions content are found. Adsorption purification of Fe^{3+} model solutions

using activated carbon has been carried out. The Langmuir and the Freundlich isotherms have been constructed, the empirical constants are calculated in the Freundlich equation. Perspective of adsorption purification of water from the pump-rooms from surplus ions Fe^{3+} on activated carbon has been proven. The safety of water from the pump-rooms for the content of iron(III) ions has been determined after its purification by adsorption method.

Conclusion. The results of physico-chemical study of the samples of water from the pump-rooms in Desnianskyi district of Kyiv showed compliance with the standard only in terms of active acidity and unsatisfactory water status in most indexes of total hardness and iron(III) ions. The different iron compounds containing in water from the pump-rooms and their influence on the human body are considered. The applied method of adsorption purification on activated carbon for the removal of surplus ions of Fe^{3+} from water from the pump-rooms may guarantee its safety by this index. The results of the study indicate an alternative to the use of this technology for other samples of drinking water.

Keywords: water from the pump-rooms, quality, safety, total hardness, active acidity, iron(III) ions content, adsorption purification.

REFERENCES

1. Kuryk M. V., Semchuk G. M., Skubchenko V. F. Problemy jakosti pytnoi' vody v Ukraïni. Mizhnar. nauk.-populjar. zhurn. "Fyzycheskaja ekologija cheloveka". 2012. № 2. S. 45–53.
2. Berezhnov S. P. Pytna voda jak faktor nacional'noi' bezpeky. Zhurn. SES "Profilaktychna medycyna". 2006. № 4. S. 8–13.
3. Orlova N. Ja. Biohimija ta fiziologija harchuvannja : navch. posib. Kyi'v : Kyi'v. nac. torg.-ekon. un-t, 2008. 281 c.
4. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla "Gigijenichni vymogy do vody pytnoi', pryznachenoï dlja spozhyvannja ljudynuju" : DSanPiN 2.2.4-171-10. Kyi'v : Derzhspozhyvstandart Ukraïny, 2010. 25 s.
5. Taube P. R., Baranova A. G. Praktikum po himii vody : ucheb. posob. M. : Vyssh. shk., 1971. 128 s.
6. Reznikov A. A., Mulikovskaja E. P., Sokolov I. Ju. Metody analiza prirodnyh vod. M. : Nedra, 1970. 487 s.
7. Kul'skij L. A., Nakorchevskaja V. F. Himija vody: Fiziko-himicheskie processy obrabotki prirodnyh i stochnyh vod. Kiïv : Vishha shk., 1983. 240 s.
8. Wardencki W., Biernacka P., Chmiel T., Dymerski T. Instrumental techniques used for assessment of food quality. Journal of Food Science. 2009. Vol. 3, N. 2. P. 273–279.
9. Soniassy R., Sandra P., Schlett C. Water analysis. Organic Micropollutants : tutorial. Germany : Hewlett Packard, 1994. 249 p.
10. Goncharova I. V. Feratna tehnologija ochyshhennja vody pryrodnyh dzherel vid nitrytiv. Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky". 2015. № 1 (19). S. 50–59.
11. Popov M. Osoblyvosti zastosuvannja metodu hromato-masspektrometrii'. Zhurn. SES "Profilaktychna medycyna". 2012. № 4. S. 34–38.
12. Ivanchenko L. V., Kozhuhar V. Ja., Brem V. V. Himija i tehnologija vody : navch. posib. Odesa : Ekologija, 2017. 210 s.
13. Sorokina K. B. Tehnologija ochyshhennja vody vid rozchynenyh domishok: konspekt lekcij "Vodopostachannja i vodovidvedennja". Harkiv : HNAMEG, 2007. 103 s.
14. Fiziko-himicheskie metody ochistki vody. Upravlenie vodnymi resursami ; pod red. I. M. Astrelina. Kiïv : Proekt "Vodnaja harmonija", 2015. 614 s.

15. *Goncharova I. V., Jazvins'ka K. V.* Vyznachennja jakosti ta bezpechnosti pytnoi' bjuvetnoi' vody. V Mizhnar. nauk.-prakt. konf. "Chysta voda. Fundamental'ni, prykladni ta promyslovi aspekty". Kyi'v : KPI, 2017. S. 101–102.
16. Pro pytnu vodu, pytne vodopostachannja ta vodovidvedennja : Zakon Ukrai'ny vid 18.05.2017 r. № 2047–VIII.
17. *Koreman Ja. I.* Praktikum po analiticheskoj himii. Voronezh : Izd-vo Voronezh. un-ta, 1989. 225 s.
18. *Bsoul A. A., Zeatoun L., Abdelhay A., Chiha M.* Adsorption of copper ions from water by different types of natural seed materials. *Desalination and Water Treatment*. 2014. Vol. 52. P. 5876–5882.
19. *Puzij O. M., Pasal's'kyj B. K., Chykun N. Ju.* Fosforovmisni vuglecevi sorbenty dlja ochystky vody. Mizhnar. nauk.-prakt. zhurn. "Tovary i rynky". 2014. № 1 (17). S. 159–166.
20. *Berezkin V. I.* Vvedenie v fizicheskiju adsorbciju i tehnologiju uglerodnyh adsorbentov. SPb. : Viktorija pljus, 2013. 409 s.
21. *Gomelja M. D., Tverdohlib M. M.* Doslidzhennja efektyvnosti ochyshhennja vody vid spoluk zaliza za dopomogoju modyfikovanyh fil'truval'nyh zavantazhen'. Sh.-Jevropejs'kyj zhurn. peredovyh tehnologij. 2016. T. 2, № 10 (80). S. 47–52.
22. *Goncharuk V. V., Kavickaja A. A., Skil'skaja M. D.* Nanofil'tracija v pit'evom vodosnabzhenii. *Himija i tehnologija vody*. 2011. T. 33, № 1. S. 63–94.
23. *Javors'kyj V. T., Savchuk L. V., Rubaj O. I.* Perspektyvni naprjamky ochyshhennja sverdlovynnyh vod vid spoluk Ferumu. *Visn. NU "L'vivs'ka politehnika"*. Serija: Himija, tehnologija rehovyn ta i'h zastosuvannja. 2011. № 700. S. 50–54.