

---

# ГІДРОТЕХНІЧНЕ БУДІВНИЦТВО, ВОДНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ВОДНІ ТЕХНОЛОГІЇ

---

HYDRAULIC CONSTRUCTION,  
WATER ENGINEERING AND WATER TECHNOLOGIES

УДК 628.161.3

DOI <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2023.4.25>

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗАЛІЗОВМІСНИХ КОАГУЛЯНТІВ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ РІЧКОВОЇ ВОДИ У ХОЛОДНУ ПОРУ РОКУ

---

*Деменюк О. М. – кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри технології цукру і підготовки води  
Національного університету харчових технологій  
ORCID ID: 0009-0009-8640-6055*

*Шульга С. А. – кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри технології цукру і підготовки води  
Національного університету харчових технологій  
ORCID ID: 0000-0002-1774-6031*

*Бабич І. М. – кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри біотехнології продуктів бродіння і виноробства  
Національного університету харчових технологій  
ORCID ID: 0000-0002-3058-3062*

*Класична технологія очищення річкової води ґрунтується на використанні у якості коагулянту сульфату алюмінію. Проте, в результаті підвищення вимог до вмісту залишкового алюмінію у питній воді, виникає питання про заміну алюмовмісних коагулянтів на більш безпечні. Особливо це актуально для холодної пори року, коли різко підвищується гідратація золю гідроксиду алюмінію і підвищується вміст залишкового алюмінію у питній воді.*

*Метою даної роботи стало дослідження застосування для очищення річкової води у холодну пору року кількох варіантів залізовмісних коагулянтів, а також їх комбінування.*

*Аналізуючи одержані результати досліджень очищення води хлоридом заліза (III)  $FeCl_3$ , за  $t$  води  $+5^{\circ}C$ , можна зробити висновки, що найменші значення каламутності і кольоровості досягаються за дозування коагулянту  $FeCl_3$   $35$   $мг/дм^3$  і складають  $50$   $мг/дм^3$  і  $1,0$   $^{\circ}$  ПКШ відповідно. Таким чином, очищена вода за каламутністю не відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10, а от кольоровість в межах нормативних значень. Експериментальні дослідження показали, що коагулянт хлорид заліза ефективно знебарвлює річкову воду в умовах низьких температур.*

*Очищення води сульфатом заліза (III)  $Fe_2(SO_4)_3$  за  $t$  води  $+6^{\circ}C$  показало, що найменші значення каламутності досягаються при витраті реагенту  $Fe_2(SO_4)_3$   $35$   $мг/дм^3$  – каламутність при цьому складає  $37,5$   $мг/дм^3$ , що краще, ніж з  $FeCl_3$ , але суттєво*

---

перевищує норму. Мінімальні ж значення кольоровості фіксуються за витрати  $Fe_2(SO_4)_3$ , 25 мг/дм<sup>3</sup> і складають 12° ПКШ, що повністю задовольняє вимогам до питної води. Розрахований ефект коагуляційного очищення води сульфатом заліза (III) ілюструє кращий результат прояснення води, ніж для хлориду заліза.

Ефективність очищення холодної води змішаним коагулянтном  $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$  значно вища, ніж при роботі з кожним з цих коагулянтів окремо. Найменші показники каламутності і кольоровості спостерігалися при кількості використаного коагулянту 25 мг/дм<sup>3</sup> та складала: каламутність – 1,08 мг/дм<sup>3</sup>, кольоровість – 1,85° ПКШ. Виникає синергічний ефект – підсилюються властивості кожного. Окремо хлорид заліза (III) має кращі знебарвлюючі властивості, а сульфат заліза (III) ефективніше прояснює воду. Сумісна ж їх дія проявляється в якісному очищенні за обома показниками.

**Ключові слова:** коагуляційне очищення, питна вода, ефект очищення, залізовмісні коагулянти.

### ***Demenyuk O. M., Shulga S. A., Babych I. M. Application of iron-containing coagulants for purification of river water in the cold season***

The classic technology of river water purification is based on the use of aluminum sulfate as a coagulant. However, as a result of increasing requirements for the content of residual aluminum in drinking water, the question of replacing aluminum-containing coagulants with safer ones arises. This is especially relevant for the cold season, when the hydration of aluminum hydroxide sol increases sharply and the content of residual aluminum in drinking water increases.

The purpose of this work was to study the use of several variants of iron-containing coagulants for cleaning river water in the cold season, as well as their combination.

Analyzing the obtained results of water purification studies with iron (III) chloride  $FeCl_3$ , for water  $t = +5^\circ C$ , we can conclude that the lowest values of turbidity and color are achieved with a dosage of  $FeCl_3$  coagulant of 35 mg/dm<sup>3</sup> and are 50 mg/dm<sup>3</sup> and 1,0° PKSH, respectively. Thus, the purified water does not meet the requirements of DSanPiN 2.2.4-171-10 in terms of turbidity, but the color is within the normative values. Experimental studies have shown that ferric chloride coagulant effectively discolors river water at low temperatures.

Purification of water with iron sulfate (III)  $Fe_2(SO_4)_3$  at  $t$  of water  $+6^\circ C$  showed that the lowest turbidity values are achieved when the  $Fe_2(SO_4)_3$  reagent consumption is 35 mg/dm<sup>3</sup> – turbidity is 37,5 mg/dm<sup>3</sup>, which is better than with  $FeCl_3$ , but significantly exceeds the norm. The minimum values of chroma are recorded for  $Fe_2(SO_4)_3$  consumption of 25 mg/dm<sup>3</sup> and are 12° PKSH, which fully meets the requirements for drinking water. The calculated effect of coagulation water treatment with iron (III) sulfate illustrates a better water clarification result than for iron chloride.

The efficiency of cold water purification with the mixed coagulant  $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$  is much higher than when working with each of these coagulants separately. The lowest indicators of turbidity and color were observed when the amount of coagulant used was 25 mg/dm<sup>3</sup> and were: turbidity – 1.08 mg/dm<sup>3</sup>, color – 1.85° PKSH. A synergistic effect occurs – the properties of each are strengthened. Separately, iron (III) chloride has better decolorizing properties, and iron (III) sulfate clarifies water more effectively. Their joint action is manifested in high-quality cleaning according to both indicators.

**Key words:** coagulation purification, drinking water, purification effect, iron-containing coagulants.

**Вступ.** Вода, як природний ресурс, необхідна для життя і здоров'я людей, для виробництва продовольства та підвищення якості життя населення. В останні роки спостерігається зниження якості води як поверхневих, так і підземних джерел, які залучені до систем централізованого водопостачання, що загострює проблему одержання питної води високої якості. У першу чергу, це пов'язано з тим, що масштаби антропогенного впливу стали не сумісними із здатністю гідросфери до самовідновлення.

Одним із найбільш поширених забруднювачів природних вод є високодисперсні тверді частки різної природи, що утворюються в результаті як природних, так і антропогенних процесів [1]. У більшості випадків вони являють собою частинки глини, піску, ґрунту, що утворюються в результаті розмивання русла водними потоками та живих організмів і їх залишків незначних розмірів, що не осідають у водному середовищі. Та якщо більші частки відділяються від водного середовища

досить просто відстоюванням чи фільтруванням, то високодисперсні, особливо частки глини, можуть тривалий час перебувати в завислому стані, проходити через найменші отвори, осідати в порах фільтрів та знижувати їх продуктивність, тому в технологіях водопідготовки цей процес має бути істотно прискорений. Прискорення процесу осадження завислих у воді речовин – основна мета застосування коагулянтів і флокулянтів. Коагулянт повинен внести з собою у воду максимальну кількість зарядів, щоб дестабілізувати завислі колоїдні частки. Потім додавання флокулянта повинне забезпечити злипання дрібних частинок (пластівців) [2; 3].

Кожен тип коагулянту має свої переваги і недоліки, по-різному поводить у тій чи іншій воді. До числа факторів, що впливають на процес коагулювання, як на ефективність очищення води, так і на властивості осаду, що утворюється, відносяться рН розчину, солевміст оброблюваної води, дозування коагулянту, склад домішок, що видаляються, а також температура води. Так, алюмовмісні коагулянти –  $AlCl_3$ ,  $Al_2(SO_4)_3$  та оксихлориди алюмінію різноманітної основності ( $Al(OH)Cl_2$ ,  $Al(OH)_2Cl$ ,  $Al_2(OH)_5Cl$  і т.д.) – якісно очищують воду від колоїдно-дисперсних домішок. Суттєвим недоліком даних коагулянтів є те, що вони малоефективні за низьких температур розчинів і працюють в достатньо вузькому діапазоні рН [2–4]. Крім того, їх застосування призводить до появи іонів алюмінію в очищеній воді, що негативно впливає на здоров'я населення. Коагулянти ж на основі солей заліза – ( $FeSO_4$ ,  $Fe_2(SO_4)_3$  і  $FeCl_3$ ) мають гарні коагулюючі властивості і працюють у широкому діапазоні рН [2–3; 5]. Вони не чутливі до температури води, що очищується і можуть застосовуватися для прояснення води різного сольового складу. Проте при їх використанні дуже часто виникає необхідність додаткового підлужування очищеної води, оскільки під час гідролізу солей заліза вона може підкислюватися [5–6].

Класична технологія очищення річкової води ґрунтується на використанні у якості коагулянту сульфату алюмінію [3–4; 7]. Проте, в результаті підвищення вимог до вмісту залишкового алюмінію у питній воді, пов'язаних з його нейротоксичністю, виникає питання про заміну алюмовмісних коагулянтів на більш безпечні, які б дозволяли отримувати воду високої якості, не ускладнювали б технологію і були економічно доцільними. Особливо це актуально для холодної пори року, коли різко підвищується гідратація золю гідроксиду алюмінію і підвищується вміст залишкового алюмінію у питній воді. Необхідно зазначити, що нормативний показник вмісту алюмінію у водопровідній воді, згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [8], становить  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ , але для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній, дозволяється до  $0,5 \text{ мг/дм}^3$ . Це пов'язано з великою складністю ведення технологічного процесу коагуляційного очищення річкової води алюмовмісними коагулянтами таким чином, щоб досягти нормативу  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ . Особливо за низьких температур води.

**Мета роботи.** Дослідження застосування для очищення річкової води у холодну пору року кількох варіантів залізовмісних коагулянтів.

**Матеріали та методи.** Було проведено декілька серій очищення води із річки Либідь (м. Київ) за температури  $5\text{--}6^\circ\text{C}$  залізовмісними коагулянтами: хлоридом заліза (III)  $FeCl_3$ , сульфатом заліза (III)  $Fe_2(SO_4)_3$ , а також їх сумішшю у співвідношенні (1:1).

Методика досліджень полягала у паралельному проведенні процесу пробної коагуляції в лабораторних умовах у разі використання вищезазначених реагентів. Відповідно до методики, до проб річкової води об'ємом  $1 \text{ дм}^3$  додавали 5%-ий розчин коагулянту з розрахунку від 25 до  $40 \text{ мг/дм}^3$  сухих речовин реагенту

(дозування коагулянту визначали згідно рекомендацій ДБН В.2.5-74:2013). В момент дозування включали мішалку для інтенсивного перемішування проби з реагентом протягом 2 хвилин (частота обертів змішувача складала 350 об/хв). Після чого уповільнювали перемішування до 50 об/хв і витримували ще 10 хвилин для здійснення процесу пластівцеутворення. Далі здійснювали прояснення одержаної суспензії шляхом відстоювання протягом 30 хв. Заключною стадією очищення було фільтрування проясненої води крізь шар кварцевого піску діаметром 0,7–0,8 мм.

В процесі коагуляційного очищення відбирали проби води: вихідної, після пластівцеутворення, після відстоювання і після фільтрування. У відібраних пробах визначали лужність води титриметричним методом, рН і ОВП потенціометричним методом, каламутність і кольоровість фотометричним методом, вміст залишкового заліза фотометричним методом з ортофенантроліном.

**Результати дослідження.** На початку досліджень було використано для видалення домішок води хлорид заліза (III)  $\text{FeCl}_3$ , за  $t$  води =  $+5^\circ\text{C}$ . На основі аналізу відібраних проб води в процесі очищення побудовані графіки залежності кінцевої каламутності і кольоровості води від витрати реагенту на процес коагуляції. Аналізуючи одержані графіки рис. 1 і рис. 2, можна зробити висновки, що найменші значення каламутності і кольоровості досягаються за дозування коагулянту  $\text{FeCl}_3$   $35 \text{ мг/дм}^3$  і складають  $50 \text{ мг/дм}^3$  і  $1,0^\circ \text{ ПКШ}$  відповідно.

З метою узагальнення одержаних результатів, було розраховано ефект коагуляційного очищення (тобто відсоткове зниження показника якості води в результаті коагуляції її домішок). Розраховані ефекти представлені у таблиці 1.

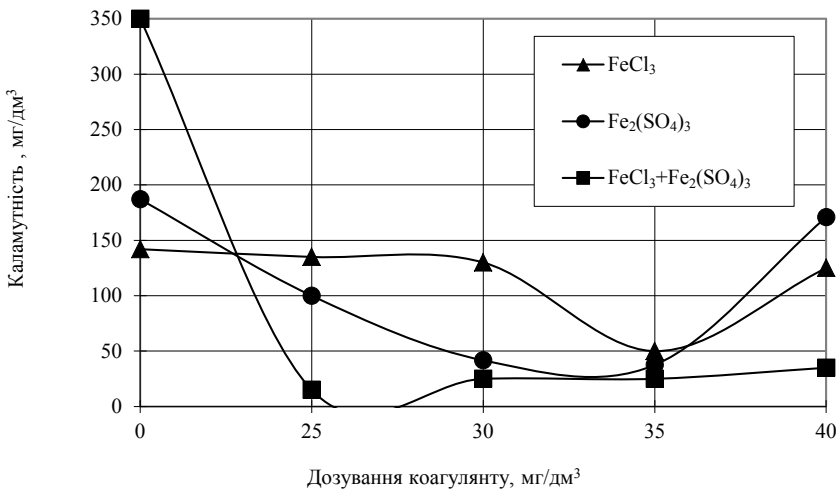


Рис. 1. Залежність каламутності води від дозування коагулянтів

Як видно з таблиці 1, найбільший ефект очищення води коагулянтом  $\text{FeCl}_3$  спостерігається за його витрати  $35 \text{ мг/дм}^3$ . При цьому показник каламутності залишається завищеним. Збільшення витрати реагенту не дає бажаного покращення показників якості очищеної води. Таким чином, очищена вода за каламутністю не відповідає вимогам, а от кольоровість в межах нормативних значень [8]. Експериментальні дослідження показали, що коагулянт хлорид заліза ефективно знебарвляє річкову воду в умовах низьких температур.

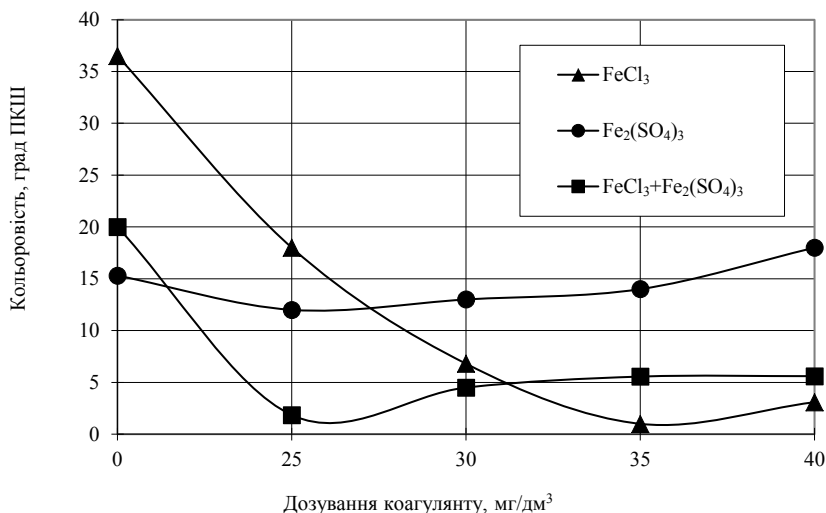


Рис. 2. Залежність кольоровості води від дозування коагулянтів

Таблиця 1

Ефект очищення води коагулянтном FeCl<sub>3</sub>

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Витрата коагулянту, мг/дм <sup>3</sup>
FeCl <sub>3</sub>	4,9	50,7	25
	8,5	81,2	30
	64,8	97,3	35
	12	91,5	40

Наступним для очищення води було використано сульфат заліза (III)  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ , за  $t$  води  $+6^\circ\text{C}$ . Як можна побачити з одержаних графіків, рис. 1 і рис. 2, найменші значення каламутності досягаються при витраті реагенту  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  35 мг/дм<sup>3</sup>. Каламутність при цьому складає 37,5 мг/дм<sup>3</sup>, що краще, ніж з  $\text{FeCl}_3$ , але суттєво перевищує норму. Мінімальні ж значення кольоровості фіксуються за витрати  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  25 мг/дм<sup>3</sup> і складають 12° ПКШ, що повністю задовольняє вимогам до питної води. Розрахований ефект коагуляційного очищення води сульфатом заліза (III), що представлений у таблиці 2, ілюструє кращий результат прояснення води, ніж для хлориду заліза. Достатньо ефективно відбувається також і знебарвлення води за умови оптимального дозування реагенту, а от передозування (40 мг/дм<sup>3</sup>) призводить до надходження іонів заліза в питну воду – в наслідок чого підвищується кольоровість і запах води.

З метою досягнення кращих показників очищення річкової води за низьких температур, було досліджено використання змішаного коагулянту  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{FeCl}_3$  для води температурою  $+5^\circ\text{C}$ . З графіків коагуляції (рис. 1, рис. 2) видно, що ефективність очищення води в даному випадку значно вища, ніж при роботі з кожним з цих коагулянтів окремо. В процесі проведення коагуляції пластівці, які утворювалися, були значно більші, ніж у попередніх експериментах і проявлялися вже на стадії змішування річкової води з реагентами. В результаті чого, якість

Таблиця 2

**Ефект очищення води коагулянтном  $Fe_2(SO_4)_3$** 

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Витрата коагулянту, мг/дм <sup>3</sup>
$Fe_2(SO_4)_3$	46,5	21,6	25
	77,7	15,0	30
	79,9	8,5	35
	8,6	-17,6	40

і швидкість відстоювання були суттєво вищими. Найменші показники каламутності і кольоровості спостерігалися при кількості використаного коагулянту 25 мг/дм<sup>3</sup> та складали: каламутність – 1,08 мг/дм<sup>3</sup>, кольоровість – 1,85° ПКШ.

Ефективність очищення була максимальною і сягала 97,6% за каламутністю та 90,8% за кольоровістю при мінімальних витратах коагулянту – 25 мг/дм<sup>3</sup> (Таблиця 3).

На основі проведених досліджень коагуляційного очищення річкової води залізовмісними коагулянтами можна зробити висновок, що використання змішаного коагулянту сульфату і хлориду заліза (III) є значно ефективнішим ніж окреме їх застосування. Виникає синергійний ефект – підсилюються властивості кожного. Окремо хлорид заліза (III) має кращі знебарвлюючі властивості, а сульфат заліза (III) ефективніше прояснює воду. Сумісна ж їх дія проявляється в якісному очищенні за обома показниками.

Таблиця 3

**Ефект очищення води змішаним коагулянтном  $Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$** 

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Витрата коагулянту, мг/дм <sup>3</sup>
$Fe_2(SO_4)_3 + FeCl_3$	97,6	90,8	25
	93,4	72,5	30
	92,7	72,2	35
	90	72	40

Важливим показником якості питної води при технології очищення з використанням залізовмісних коагулянтів є контроль вмісту залишкового заліза у питній воді, оскільки його перевищення значно погіршує органолептичні показники води. На рис. 3 представлено зміну вмісту залишкового заліза в очищеній воді від дозування досліджуваних коагулянтів: хлориду заліза, сульфату заліза і їх суміші. Необхідно зазначити, що нормативний показник вмісту заліза у водопровідній воді, згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10, становить 0,2 мг/дм<sup>3</sup> [8].

Проведені дослідження показали, що у разі застосування сульфату заліза (III) залишковий вміст заліза був значно завищений, що й надавало воді приросту забарвленості при збільшенні витрати коагулянту. При використанні хлориду заліза і змішаного коагулянту, за умов дотримання оптимального дозування реагентів, вміст залишкового заліза був у межах нормативних вимог.

З метою узагальнення одержаних результатів зроблена порівняльна характеристика ефективності проведених очищень і зведена у таблицю 4.

На основі проведеного порівняння, можна зробити висновок, що в результаті змішування хлориду і сульфату заліза (III) досягається значна інтенсифікація процесу коагуляції – знижується каламутність і кольоровість річкової води

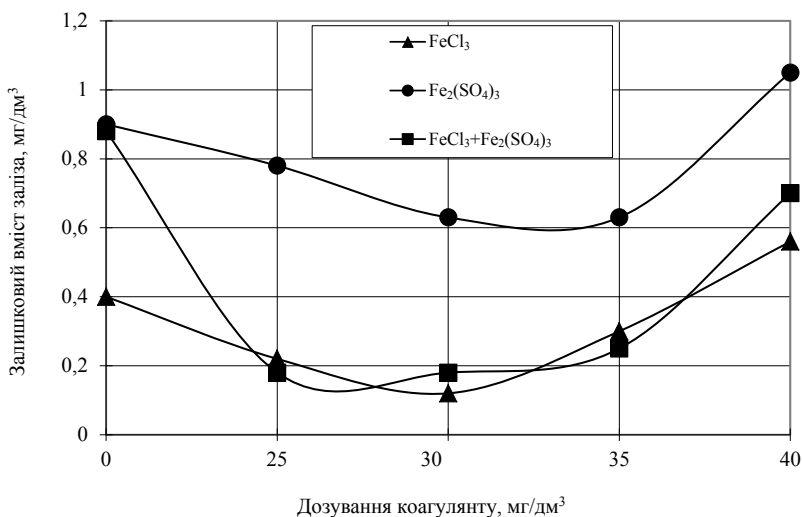


Рис. 3. Залежність вмісту залишкового заліза в очищеній воді від дозування коагулянтів

Таблиця 4

**Порівняльна характеристика ефективності очищення річкової води залізовмісними коагулянтами**

Коагулянт	Ефект зниження каламутності, %	Ефект зниження кольоровості, %	Оптимальна витрата коагулянту, мг/дм³	Залишковий вміст заліза, мг/дм³
FeCl <sub>3</sub>	64,8	97,3	35	0,3
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	79,9	70	35	0,63
Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> + FeCl <sub>3</sub>	97,6	90,8	25	0,18

до показників, що задовольняють ДСанПіН 2.2.4-171-10. Залишковий вміст заліза в очищеній питній воді не перевищує нормативний показник 0,2 мг/дм³. Оптимальне дозування коагулянту (25 мг/дм³), а відповідно і матеріальні витрати на процес очищення води, є мінімальними.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Реалії сьогодення та перспективи майбутнього підготовки питної та технологічної води / А. А. Долінський, О. М. Ободович, Н. А. Гусятинська, В. В. Сидоренко. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Том 23, № 2. С. 247–255. [http://sw.nuft.edu.ua/Archiv/2018/swnuft\\_24\\_2.pdf](http://sw.nuft.edu.ua/Archiv/2018/swnuft_24_2.pdf).
2. Запольский А. К. Физико-химическая теория коагуляционной очистки воды : монография. Житомир : ЖНАЭУ, 2013. 71 с.
3. Шкавро З. М., Антонюк, Н. Г. Теорія і практика використання коагулянтів у технології водоочищення. *Наукові записки*. 2014. Т. 157. С. 65–78. [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe?I21DBN=LINK](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK)

&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP\_meta&C21COM=S&2\_S21P03=FILA=&2\_S21STR=NaUKMAchem\_2014\_157\_13.

4. Душкин С.С., Благодарная Г.И. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды : монография. Харьков : ХНАГХ, 2009. 95 с.

5. Запольський А.К. Очистка воды коагулированием : монография. Каменец-Подольський : ЧП «Медоборы-2006», 2011. 296 с.

6. Эффективность использования смешанных реагентов на основе солей алюминия и железа для очистки воды / А. В. Мамченко, Н.Г. Герасименко, И.И. Дешко, Т.А. Пахарь. *Химия и технология воды*. 2006. Т. 6, № 6. С. 582–592.

7. Гусятинська Н. А., Деменюк О. М., Шульга С. А. Ефективність застосування поліоксихлориду алюмінію для очищення питної води. *Наукові праці НУХТ*. 2022. Том 28, № 6. С. 125–136.

8. ДСанПиН 2.2.4-171-10. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». 2010. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>.

#### REFERENCES:

1. Dolinskyi, A. A., Obodovych, O. M., Husyatynska, N. A., & Sydorenko V. V. (2018). Realiy syogodennya ta perspektyvy maybutnyogo pidgotovky pytnoy ta tehničnoy vody [Present realities and future prospects of drinking and technological water preparation]. *Naukovy praci NUHT – Scientific works of the NUHT*. 23 (2), 247–255 [in Ukrainian].

2. Zapolsky, A. K. (2013). Fiziko-himicheskaya teoriya koagulyacionnoy ochistki vody [Physico-chemical theory of water coagulation purification]. Zhytomyr : ZhNAEU [in Ukrainian].

3. Shkavro, Z.M., & Antoniuk, N.G. (2014). Teoriya i praktyka vykorystannya koagulyantiv u tehnologiy vodoochyshchennya [Theory and practice of using coagulants in water treatment technology]. *Naukovi zapysky – Scientific notes*. 157, 65–78 [in Ukrainian].

4. Dushkin, S.S., & Bladgornaya, G.I. (2009). Razrabotka nauchnyh osnov resursosberegayushchih tehnologiy podgotovki ekologicheski chistoy vody [Development of scientific foundations of resource-saving technologies for preparation of ecologically clean drinking water]. Kharkiv: KHNAKH [in Ukrainian].

5. Zapolsky, A.K. (2011). Ochistka vody koagulirovaniem [Water purification by coagulation]. Kamenets-Podolsky: PE “Medobory–2006” [in Ukrainian].

6. Mamchenko, A.V., Gerasimenko, N.G., Deshko, I.I., & Pahar, T.A. (2006). Efektivnost ispolzovaniya smeshanyh koagulyantov na osnove soley alyuminiya i zheleza dlya ochistki vody [Effectiveness of the use of mixed reagents based on aluminum and iron salts for water purification]. *Himiya i tehnologiya vody – Water chemistry and technology*. 6 (6), 582–592 [in Ukrainian].

7. Husyatynska, N. A., Demenyuk, O. M., & Shulga, S. A. (2022). Efektyvnist zastosuvannya polioksihloridu alyuminiyu dlya ochyshchennya pytnoy vody [Effectiveness of aluminum polyoxochloride for drinking water purification]. *Naukovy praci NUHT – Scientific works of the NUHT*. 28 (6), 125–136 [in Ukrainian].

8. DСанПиН 2.2.4-171-10 (2010). Derzhavny sanitarni normy i pravyla “Hihienichni vymohi do vody pytnoy pryznachenoy dlyaspozhyvannya lyudynoyu” [State sanitary norms and rules “Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption”]. [in Ukrainian].