

УДК 628.161.3

Квартенко О. М., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВСТАНОВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ СТАБІЛІЗАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ ПІДЗЕМНИХ ВОД В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ МАЛИХ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

В роботі наведено дані моніторингових досліджень ступеня агресивності підземних вод в системах господарсько-питного водопостачання населених пунктів північно-західних областей України. Встановлено основні фактори впливу на процеси зміни стабільності природних підземних вод. Визначена залежність між тривалістю перебування води у водопровідній мережі та зміною рівня їх агресивних властивостей. Отримано оптимальні дози освітленого розчину вапняного молока як для підтримання стабільності води, так і для формування захисної плівки. Встановлена мінімальна концентрація іонів Ca^{2+} в робочому освітленому розчині вапняного молока, яка необхідна для проведення стабілізаційної обробки води (800 мг/дм³).

Ключові слова: стабілізаційна обробка води, індекс Ланжельє.

Проведений нами моніторинг параметрів якості води у більш ніж 90 населених пунктах Волинської, Рівненської, Житомирської, Тернопільської, Закарпатської, Львівської, Хмельницької областей України вказав на різний стіпень її агресивності по відношенню до металу та бетону. Так, лише 14% із досліджених нами водозаборів не потребують спеціальної стабілізаційної обробки води. У 80% населених пунктах відбувається споживання води із різним ступенем агресивності. На 6% водозаборів вода потребує підкислення перед подачею до споживачів. Зокрема проведені нами дослідження на 50 водозаборах Рівненської та 20 водозаборах Волинської областей показали, що 80% із досліджених водозаборів в Рівненській та 53% у Волинській областях транспортують воду із різним ступенем агресивності (рис. 1). Проведений сумісний моніторинг із фізико-хімічною лабораторією «Рівненського обласного лабораторного центру МОЗ України» щодо параметрів стабільності води в деяких районах Рівненської області в період з 2001 по 2014 роки [1] показав, що підземні води даного регіону за індексом Ланжельє слід віднести до на-

ступних категорій агресивності: від легкого ступеня корозії ($I_L = -0,5$) – Березнівський і Володимирецький райони, тенденції до корозії ($I_L = -1,0$) – Дубровицький і Сарненський райони, дуже високого ступеня корозії ($I_L > -2,0$) – у Рокитнівському районі.

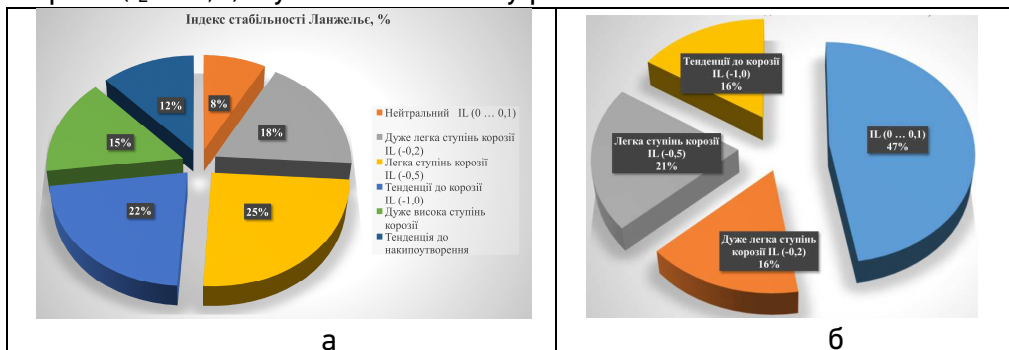


Рис. 1. Діаграма корозійної активності підземних вод:
а – Рівненська область; б – Волинська область

При подачі такої води в систему водопровідних мереж населених пунктів спостерігалось її повторне забруднення продуктами корозії із збільшенням концентрації заліза, вмісту бактеріальних забруднень, кольоровості, каламутності, запахів [1; 2], а також відбуваються процеси корозії внутрішньої поверхні водогонів і, як наслідок, пориви трубопроводів. Тому вивчення питання стабілізаційної обробки таких вод є актуальним питанням сьогодення.

Докладно теоретичні аспекти визначення ступеня агресивності природних вод висвітлено в роботах Langelier W.F. [3], Stiff Jr. H.A., Davis L.E. [4], В.А. Клячко, І.Е. Апелцина [5], Wojtowicz J.A. [7] та ін.

Мета роботи. Встановлення факторів впливу на процес зміни стабільності природних підземних вод, визначення оптимальних доз освітленого розчину вапняного молока для підтримання стабільності води та формування захисної плівки на внутрішній поверхні трубопроводів в системі водопостачання в залежності від параметрів якості вихідної води.

Проведені в період з 2004 по 2015 роки моніторингові дослідження на водозаборах м. Березне, м. Нововолинськ, смт Рокитне, м. Володимир-Волинський вказали на ряд факторів, які впливали на підвищення її агресивних властивостей по відношенню до металу та бетону. По-перше, це зниження величини рН підземних вод, пов'язане із інфільтрацією кислих вод з боліт і водоносних горизонтів, які не експлуатували раніше; вплив антропогенних факторів (кислі дощі, проникнення недостатньо очищених виробничих стоків та ін.). По-друге, низький лужний резерв і вміст іонів Ca^{2+} . По-третє, присутність у підземних водах агресивного діоксиду вуглецю, сірко-

водню, підвищених концентрацій гідрокарбонату заліза.

Для захисту внутрішніх стінок металевих трубопроводів від агресивних властивостей природних вод необхідно визначити розрахункові дози лужного реагенту в залежності від параметрів її якості та тривалості транспортування до споживачів. В роботі наведено методику проведення досліджень в результаті яких визначаються дози освітленого розчину вапняного молока в залежності від параметрів якості вихідної води. Дослідження проводилися у декілька етапів.

На першому етапі була визначена залежність між тривалістю перебування води у водопровідній мережі та зміною рівня її агресивних властивостей. За результатами досліджень, проведених на ділянках водопровідної мережі м. Березне, було розраховано величини індексу стабільності води (індексу Ланжельє) в розрахункових точках по вулицях: Шкільна (-0,18), Зірненська (-0,26), Андріївська (-0,1), Будівельників (-0,14), Чорновола (-0,29), Віденська, Корецька (-0,30), Селецька (-0,35). Із отриманих результатів видно, що рівень агресивності води зростає по мірі збільшення тривалості її перебування у водопровідній мережі.

На наступному етапі визначалися оптимальні дози освітленого розчину вапняного молока в залежності від часу його контакту із водою з наступними показниками її якості: рН 7,3; Ca^{2+} 84 мг/дм³, бікарбонатною лужністю 4,0 ммоль/дм³; $I_L = -0,25$. Вихідну воду наливали в 3 мірні склянки об'ємом по 500 дм³. До кожної проби поступово додавали вапняний розчин концентрацією іонів кальцію 1000 мг/дм³, при цьому відбувалося перемішування дослідженої проби за допомогою магнітної мішалки ММ-5 до моменту, коли рН в мірних склянках досягав значень відповідно 7,8; 8,0 та 8,2. Вказані параметри рН рекомендовано підбирати дослідним шляхом в залежності від величин рН та ступеня агресивності вихідної води. Надалі проводили освітлення отриманих розчинів шляхом їх відстоювання протягом 2 годин. Через кожні 0,5 год визначали параметри – бікарбонатну лужність, солеміст, концентрацію іонів Ca^{2+} , величину рН та температуру води. В кожній пробі визначали дози введенного розчину вапняного молока, які становили 7,0 мг/дм³, 8,0 мг/дм³, та 16,0 мг/дм³ в перерахунку на CaO .

За отриманими параметрами якості води та за формулам (1–3) визначали ступінь її агресивності:

$$pH_s = f_1(t) - f_2(\text{Ca}^{2+}) - f_3(\text{Щ}) + f_4(P). \quad (1)$$

Індекс насичення Ланжельє:

$$I_L = pH_0 - pH_s. \quad (2)$$

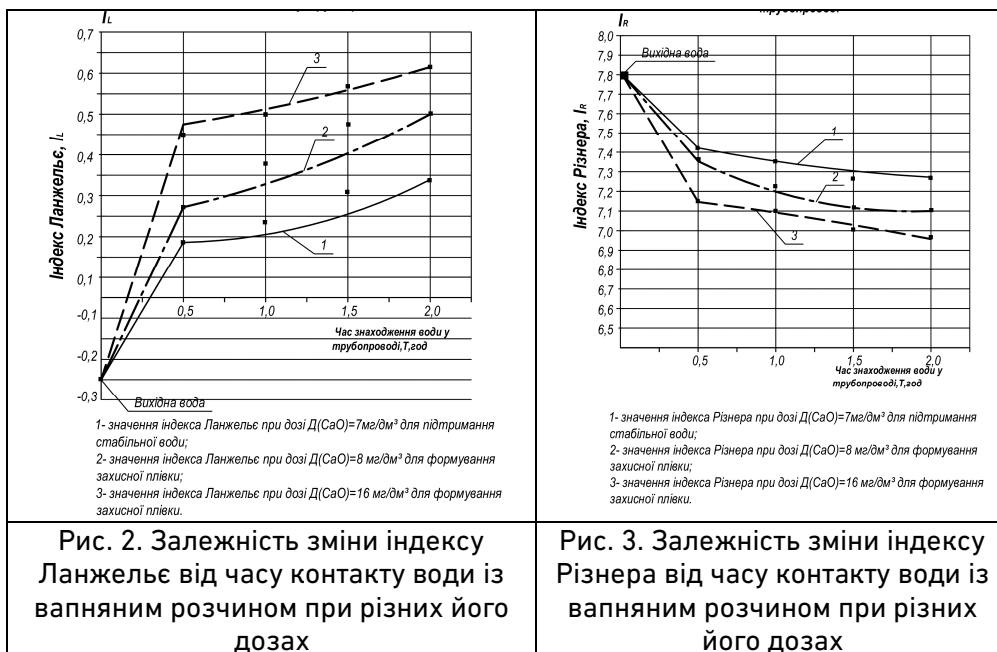
Значення $f_1(t)$, $f_2(\text{Ca}^{2+})$, $f_3(\text{Щ})$, $f_4(P)$ – визначають з вихід-

ними даними з діаграм Ланжельє та Гувера. Значення pH_0 – вимірювана величина pH вихідної води.

Індекс Різнера:

$$I_R = 2 \cdot pH_s - pH_0. \quad (3)$$

За отриманими значеннями якості води та розрахунковими індексами Ланжельє та Різнера визначали степінь агресивності води (рис. 2, 3) в залежності від часу контакту води із вапняним розчином при різних його дозах.



Для формування захисної карбонатної плівки на внутрішній поверхні труби індекс Ланжельє повинен становити $I_L \approx +0,7$, а для підтримання її стабільності – $I_L \approx 0$. Оскільки в I пробі індекс Ланжельє знаходиться в межах від 0,187 до 0,337, то можлива доза реагенту для підтримання стабільної води 7 мг/дм³. В II і III пробі індекс Ланжельє знаходився в межах від 0,279 до 0,615, тому для формування захисної плівки, для зазначених параметрів вихідної води, можуть бути прийнятими дози в межах від 8 мг/дм³ до 16 мг/дм³.

На наступному етапі визначали залежності зміни концентрації іонів кальцію та pH від кількості рециркуляцій досліджуваного освітленого вапняного розчину при початковій концентрації кальцію 1000 мг/дм³ за наступною методикою. На першому етапі в склянку додавали 20 г вапна (CaO) та заливали 180 см³ води. За допомогою магнітної мішалки проводили перемішування розчину тривалістю 15-20 хв із наступним відстоюванням отриманого розчину протягом 20-25 хв. Після чого за допомогою сифону з верхнього шару склянки

відбирали 180 см³ освітленого розчину та визначали рН і концентрацію іонів Ca²⁺. На другому етапі в осад, який залишився в склянці, доливали воду до відмітки 200 см³ та повторювали дії, які проводилися на першому етапі. Експеримент продовжували до зниження концентрації Ca²⁺ в освітленому вапняному розчині до 800 мг/дм³. Результати експерименту представлені на рис. 4. За даними експерименту було досягнуто 6-кратний обмін розчину при однократному завантаженні вапна масою 20 г. На графіку (рис. 4) спостерігається зменшення концентрації іонів Ca²⁺ та величини рН в освітленому розчині вапна при збільшенні кількості рециркуляцій. При досягненні в розчині концентрації іонів Ca²⁺ 800 мг/дм³ необхідно проводити заміну наважки вапна.

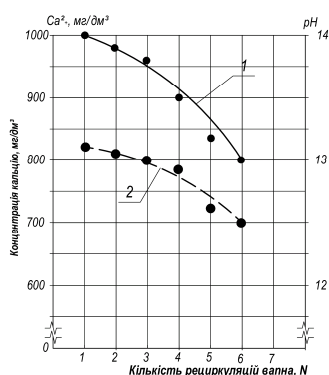


Рис. 4. Графіки залежності концентрації іонів кальцію (1) та рН (2) від кількості рециркуляцій досліджуваного вапняного розчину

На заключному етапі проводили дослідження щодо коригування витрати робочого розчину освітленого вапняного молока в залежності від зміни концентрації іонів Ca²⁺ у відстійнику-рециркуляторі. З графіка (рис. 5) видно, що при зменшенні концентрації іонів кальцію витрата насоса-дозатора повинна збільшуватися.

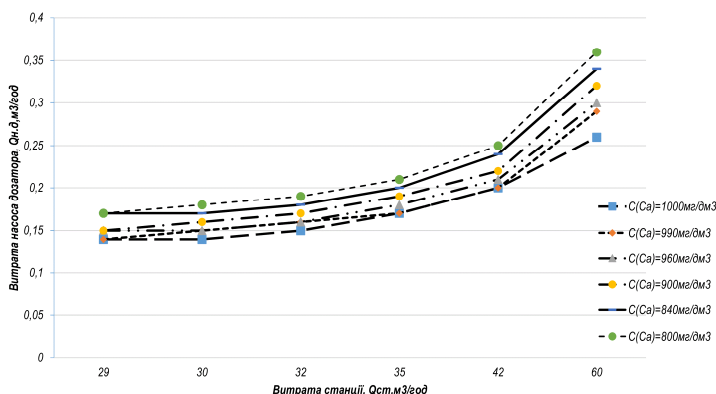


Рис. 5. Залежність витрати насоса-дозатора від витрати станції знезалізнення при різних концентраціях іонів Ca²⁺

Висновки. Встановлено залежність підвищення ступеня агресивності води від часу її перебування у водопровідній мережі. Наведено методику, за якою в залежності від параметрів якості вихідної води визначаються дози освітленого розчину вапняного молока. Визначені оптимальні дози освітленого вапняного молока для підтримання стабільності водопровідної води відповідної якості та формування захисної плівки на внутрішній поверхні трубопроводів. Встановлено мінімальні концентрації іонів Ca^{2+} в робочому розчині освітленого вапняного молока, яка необхідна для проведення стабілізаційної обробки води (800 мг/дм^3). Визначено залежності витрат насоса-дозатора від витрати станції знезалізнення при різних концентраціях іонів кальцію.

1. Квартенко О. М., Сафонов Р. В. Аналіз ступеня агресивності підземних вод Рівненської області. *Вісник НУВГП* : збірник наукових праць. Випуск 1(69). Технічні науки. Рівне, 2015. С. 58–66. 2. Журба М. Г., Говорова Ж. М. Водоснабжение. Улучшение качества воды : учебник для вузов. Том 2. М. : Издательство АСВ, 2008. С. 544. 3. Langelier W. F. The Analytical Control of Anticorrosion Water Treatment. *Journal of American Water Works Association*. 1936. 28. P. 1500–1521. 4. Stiff Jr. H. A., Davis L. E. A Method For Predicting The Tendency of Oil Field Water to Deposit Calcium Carbonate. *Pet. Trans. AIME* 1952. 213 (1952). 5. Клячко В. А., Апелцин И. Э. Очистка природных вод. М. : Издательство по строительству, 1971. С. 579. 6. Wojtowicz J. A. Swimming Pool Water Balance. Part 1: Effect of Cyanuric Acid and Other Interferences on Carbonate Alkalinity Measurement. *Journal of the Swimming Pool and Spa Industry*. 1 (1995), 6–12.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУВГП)

Kvartenko O. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS IN STABILIZATION PROCESS OF UNDERGROUND WATERS STABILIZATION IN WATER SUPPLY SYSTEMS FOR SMALL SETTLEMENTS

The paper presents data of monitoring studies of underground waters aggressiveness degree in the systems of economic drinking water supply in settlements of north-western regions of Ukraine. It is determined that in 80% of researched settlements water consumption with different aggressiveness level takes place. It is shown that main natural factors of influencing the processes of stability change in natural underground waters are pH values decrease, anthropogenic factors impact, low alkalinity reserve, presence of aggressive carbon dioxide. It is established that water aggressiveness level increases

with the growth of its stay duration in waterpipe network and also with the presence of dead-end parts. The optimal dosages are determined of lime milk clarified solution both for supporting water stability and for forming protective film (16 mg/dm^3). Dependencies are determined of the change of calcium ions concentration and pH on the amount of recirculations in studied lime solution under calcium concentration 1000 mg/dm^3 . According to experiment data there had been 6-times solution exchange under single-stage 20 g lime loading. Minimum concentrations are determined of Ca^{2+} ions in the operating solution necessary for carrying out water stabilization processing (800 mg/dm^3). Results of correcting rates of operating solution of clarified lime milk depending on Ca^{2+} ions concentration change in a settler-recirculator are presented. It is proved that with the decrease of calcium concentration in lime solution the expenditure of the dosage pump increases. Relationships of the dosage pump rates on the deironing station expenditures during the filtration cycle under different calcium ions concentrations are determined.

Keywords: stabilization treatment of water, Langhelle index.

Квартенко А. Н., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природопольовання, г. Ровно)

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В СИСТЕМАХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

В работе приведены данные мониторинговых исследований степени агрессивности подземных вод в системах хозяйственно питьевого водоснабжения населенных пунктов северо-западных областей Украины. Установлены основные факторы влияющие на процессы изменения стабильности природных подземных вод. Определена зависимость между продолжительностью пребывания воды в водопроводной сети и изменением степени ее агрессивных свойств. Получены оптимальные дозы осветленного раствора известкового молока как для поддержания стабильности воды, так и для формирования защитной пленки. В рабочем растворе определены минимальные концентрации ионов Ca^{2+} , необходимые для проведения стабилизационной обработки воды (800 мг/дм^3).

Ключевые слова: стабилизационная обработка воды, индекс Лангелле.