

3. Cooperman P. A theory for space charge limited currents with application to electrical precipitation. – Trans. Am. Inst. Elect. Engrs., 1960. – Vol. 79, P.47.
4. Салата Н.П. Обоснование оптимальных параметров остриевых коронирующих электродов для аэроионификации животноводческих помещений. Механизация и электрификация сельского хозяйства. Вып. №35, 1976. – С85-89.
5. Левич В.Г. Курс теоретической физики. Т.1. – М.: Наука, 1969. – 912 с.
6. Таммет Х.Ф. Удаление ионов от аэроионизаторов: Сб. Труды по аэроионизации и электроаэрозолям. Ученые записки Тартуского госуниверситета. Вып. №140, 1963. – С.103-109.
7. Chapman S. Corona point current in wind. J. of Geophysical Reserch. Vol. 75, №12, 1970. P.2165-2169.
8. Ужов В.Н. Очистка промышленных газов электрофильтрами. – М.: Химия, 1967. – 344 с.

УДК [556.114:574.63] (285.33)

*Третьяков О.В., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Пономаренко Р.В., ад'юнкт, УЦЗУ*

**ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИРОБНИЦТВА ПИТНОЇ ВОДИ
В УМОВАХ ПОГІРШЕННЯ СТАНУ
ПРИРОДНОГО ПОВЕРХНЕВОГО ДЖЕРЕЛА**

(представлено д-ром техн. наук Соловійом В.В.)

Розглянуто основні методи зниження вмісту солей жорсткості, концентрації сульфат іонів, загального вмісту солей у воді поверхневих джерел водопостачання. Наведені результати експериментальних досліджень в умовах Карачунівського водосховища. Запропоновано принципову технологічну схему виготовлення питної води, яка відповідає вимогам стандарту по цих показниках.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день, в Україні, існує постійний ризик захворювання населення, пов'язаний з вживанням питної води з вмістом домішок понад рівень

установлений санітарно-гігієнічними нормативами [1], що в подальшому може призвести до виникнення надзвичайної ситуації природного характеру. Вміст солей жорсткості (іонів кальцію та магнію), сульфат іонів та загальний вміст солей, у більшості поверхневих джерел водопостачання країни в останні роки, перевищує рівень установлений санітарно-гігієнічними нормативами у кілька разів [2].

Не є виключенням і Карачунівське водосховище, що створене на злитті річок Інгулець, Бічна і Боковенька, які протікають по території Кіровоградської та Дніпропетровської областей і має об'єм понад 300 млн. м³. Виготовлення питної води з цього водосховища та її споживання відбувається в м. Кривий Ріг (Дніпропетровська область). Виходячи з високого вмісту у воді цього водосховища солей жорсткості, сульфатів, мангану та загального вмісту солей, а також неспроможності існуючої технології підготовки питної води досягти встановлених норм за цими показниками, рішенням Держспоживстандарту України на підставі рекомендації Міжвідомчої комісії, було надано дозвіл на використання водопровідної води господарсько-питного призначення з відхиленням від вимог стандарту за цими показниками на строк до кінця 2009 р. Подібний дозвіл видається на три роки і лише один раз. Тому вирішення питання щодо виробництва питної води необхідної якості на Карачунівському водопровідному комплексі є стратегічно важливим завданням.

Оскільки цивільний захист в Україні - це система санітарно-гігієнічних заходів спрямованих на запобігання надзвичайних ситуацій, які загрожують життю та здоров'ю людей [3], то питання щодо забезпечення населення якісною питною водою є актуальним та безпосередньо пов'язане з діяльністю служби цивільного захисту, яка призначена як співвиконавець Державної програми «Питна вода України на 2006 – 2020 роки» [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Пом'якшення води, тобто зниження вмісту в ній солей жорсткості до рівня нормативних значень, може здійснюватися наступними способами: термічним, реагентним, іонообмінним або їх комбінацією.

Термічний метод заснований на нагріванні води до температури кипіння, її подальшій дистиляції та конденсації па-

ри [5]. При використанні цього методу досягається залишкова концентрація солей жорсткості на рівні 0,7 ммоль/л, що повністю задовольняє вимоги до оборотної води на атомних та теплових електростанціях [5], де іноді використовується цей метод, але вимогам до солевмісту в питній воді (3,5 ммоль/л) цей метод не задовольняє, і потребує значних енергетичних витрат.

Реагентні методи засновані на використанні вапна, кальцієвої соди, гідроксиду натрію й барію та інших речовин, що утворюють при взаємодії з іонами кальцію і магнію малорозчинні сполуки з подальшим їх видаленням у відстійниках або на фільтрах. При використанні цього методу досягається залишкова концентрація солей жорсткості на рівні 0,8 – 0,9 ммоль/л. Цей метод також використовується, зазвичай, на атомних та теплових електростанціях, як первинна стадія підготовки теплоносія.

Все більше практичне застосування для пом'якшення води одержує іонообмінний метод [6]. Іоніти - це природні мінерали та штучні синтетичні смоли здатні замінювати у воді позитивні або негативні іони в обмін на еквівалентну кількість іонів іоніту. У результаті вихідна вода пом'якшується, а іони кальцію і магнію утворюють нерозчинний полімер з іонітом. При застосуванні методу іонного обміну витрачаються розчини мінеральних кислоти та лугів для періодичної регенерації катіоніту та аніоніту відповідно, при вичерпанні ними обмінної ємкості.

Метод іонного обміну спроможний видалити з води поверхневого джерела солі жорсткості, іони мангану, кальцію та магнію (на катіоніті), сульфат і хлорид іони (на аніоніті) та знизити до нормативного рівень загального солевмісту. Для приготування питної води високої якості на Карачунівському водопровідному комплексі, доцільно провести експериментальну перевірку можливості застосування цього методу.

Постановка завдання і його вирішення. Провести експериментальні дослідження щодо визначення можливості використання методу іонного обміну при підготовці питної води в умовах Карачунівського водопровідного комплексу. Запропонувати принципову технологічну схему виготовлення питної води з рівнем концентрації домішок, що відповідають діючим нормам.

Для проведення експериментальної частини, в якості іонообмінних смол, були обрані, сильно кислотний універсальний катіоніт КУ-2-8 (Україна), сильно кислотний катіоніт Levatit S 100 (Франція) та високо основний аніоніт АВ-17-8 (Україна). Усі експериментальні дослідження проводилися на природній воді Карачунівського водосховища та воді після штатної коагуляції із застосуванням сульфату алюмінію, в лабораторних умовах Карачунівського водопровідного комплексу.

Якість води контролювалась за наступними показниками: рН, загальна жорсткість (J), концентрація сульфатів ($[SO_4^{2-}]$), сухий залишок, значення яких визначались у відповідності з діючими на підприємстві методиками [7-8]. Показники якості питної води, води Карачунівського водосховища (КВ) та питної води виготовленої на Карачунівському водопровідному комплексі (КВК) наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Основні показники якості питної води та води Карачунівського водосховища

Вода	рН ₀	J_0 вих., ммоль/дм ³	$[SO_4^{2-}]_{\text{вих.}}$, мг/дм ³	Сухий за- лишок вих., мг/дм ³
Питна вода ГОСТ – 83.96	6,5- 8,5	$\leq 7,0$	≤ 500	≤ 1000
Питна вода за дозволом Держ- спожив- стандарту Укра- їни для КВК	6,5- 8,5	< 15	< 700	< 1700
Вихідна вода Карачунівсько- го водосховища	8,25	11,4	556	1246
Питна вода ви- готовлена КВК	7,96	11,4	556	1246

Іони кальцію і магнію в умовах Карачунівського водосховища перебувають не лише у вигляді вільних гідратованих іонів, але і у формі комплексних сполук з етилендіамінтетраоцтовою кислотою (ЕДТА) [9]. Враховуючи цей факт, на стадії

Забезпечення виробництва питної води в умовах погіршення стану природного поверхневого джерела

коагуляції забезпечувалось додаткове введення карбонату натрію – Na_2CO_3 у концентрації 700 мг/л, з метою часткового руйнування цих комплексних сполук, утворення нерозчинного у воді осаду карбонату кальцію для подальшого ефективного видалення іонів кальцію і магнію на стадії катіонування.

Результати експериментальних досліджень наведені в табл. 2.

З наведених результатів видно, що додаткова обробка води на стадії коагуляції карбонатом натрію та використання методу іонного обміну є досить ефективним як для зниження вмісту солей жорсткості, так і для зменшення концентрацій сульфат-іонів та загального солемісту. Зниження цих показників до рівня, що відповідає нормативним вимогам спостерігається при проведенні усіх зазначених у табл.2 режимах обробки як вихідної води Карачунівського водосховища, так і попередньо коагульованої сульфатом алюмінію води. Найменші значення концентрацій усіх речовин, що контролювалися, досягалися при реалізації наступної послідовності стадій обробки води: 1) коагуляція (Na_2CO_3); 2) катіонування (КУ-2-8); 3) (АВ-17-8). Але в цьому випадку кінцеве значення рН води (рН=10,46) перебільшує допустиме для питної води значення (рН=6,5-8,5). Уникнути цього недоліку можливо за рахунок підкислення води мінеральною кислотою, що припустимо, враховуючі те, що загальний солеміст становить біля 300 мг/л і практично утричі менше встановленого нормативом. Другим шляхом корегування рН питної води може бути поєднання відповідних об'ємів води з різних стадій обробки у визначеному співвідношенні. Так, при змішуванні води після всіх стадій обробки з водами після катіонування та після коагуляції у об'ємному співвідношенні (2: 1 :2), можна отримати воду з наступними показниками: рН = 7,94; Ж = 5,2 ммоль/дм³; $[\text{SO}_4^{2-}] = 382$ мг/дм³; сухий залишок – 940 мг/дм³, яка повністю відповідає нормативним вимогам до питної води [1].

При проведенні експериментальних досліджень було зафіксовано газоутворення на стадії аніонування після попереднього катіонування, що умовах виробництва не припустимо.

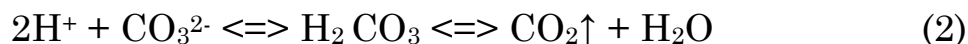
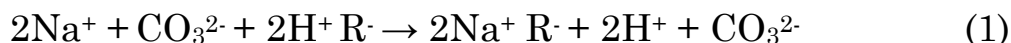
Зниження рН до рівня рН = 2 після катіонування та присутність надлишку аніонів CO_3^{2-} , які в цих умовах внаслідок

Таблиця 2 – Основні показники води обробленої методом іонного обміну

Стадії обробки	Вихідна вода					Вода після обробки				
	pH ₀	Ж _{с0} , ммоль/дм ³	[SO ₄ ²⁻] ₀ , мг/дм ³	Сухий залишок вих., мг/дм ³	pH _к	pH _а	Ж _к кін., ммоль/дм ³	[SO ₄ ²⁻] кін., мг/дм ³	Сухий залишок кін., мг/дм ³	
Na ₂ CO ₃ КУ-2-8 АВ-17-8	8,25	11,4	556	1246	2,03	10,46	0,45	27	312	
Na ₂ CO ₃ Levatit S 100 АВ-17-8	8,25	11,4	556	1246	10,35	11,35	0,7	21	319	
Na ₂ CO ₃ АВ-17-8 КУ-2-8	8,25	11,4	556	1246	2,19	11,29	0,2	21	299	
Na ₂ CO ₃ АВ-17-8 Levatit S 100	8,25	11,4	556	1246	7,93	10,14	5,0	65	535	
Стадії обробки	Вода після коагуляції Al ₂ (SO ₄) ₃					Вода після обробки				
	pH ₀	Ж _{с0} , ммоль/дм ³	[SO ₄ ²⁻] ₀ , мг/дм ³	Сухий залишок вих., мг/дм ³	pH _к	pH _а	Ж _к кін., ммоль/дм ³	[SO ₄ ²⁻] кін., мг/дм ³	Сухий залишок кін., мг/дм ³	
Na ₂ CO ₃ КУ-2-8 АВ-17-8	8,25	11,4	556	1246	2,08	9,15	0,4	22	306	
Na ₂ CO ₃ Levatit S 100 АВ-17-8	8,25	11,4	556	1246	7,75	10,36	6,0	108	616	
Na ₂ CO ₃ АВ-17-8 КУ-2-8	8,25	11,4	556	1246	10,01	2,11	0,15	79	357	
Na ₂ CO ₃ АВ-17-8 Levatit S 100	8,25	11,4	556	1246	10,14	8,38	5,4	101	787,9	

Забезпечення виробництва питної води в умовах погіршення стану природного поверхневого джерела

док зміщення рівноваги за принципом Ле-Шательє (2) переходить у газову фазу CO_2 .



Для уникнення газоутворення CO_2 до стадії аніонування необхідно провести дегазацію води після катіонування з використанням вакуумно-ежекційного декарбонізатора.

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень, принципова схема виробництва питної води в умовах погіршення стану природного поверхневого джерела водопостачання, яка б у повному обсязі відповідала вимогам чинних нормативів, може бути уявлена у вигляді, що наведено на рисунку.

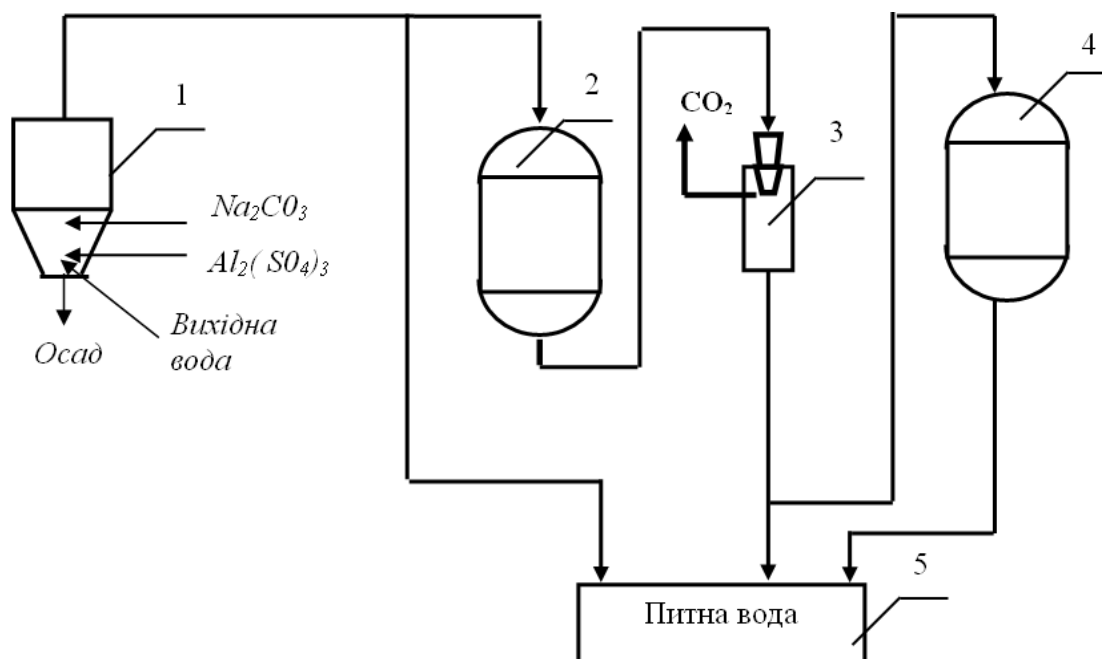


Рис. – Принципова схема Na_2CO_3 -H-OH іонізації води у три ступеня з використанням вакуумно-ежекційного декарбонізатора: 1 – освітлювач ВТІ; 2 – катіонітовий фільтр; 3 – вакуумно-ежекційний декарбонізатор; 4 – аніонітовий фільтр; 5 – резервуар з питною водою

Таким чином, для доведення концентрації солей жорсткості, сульфат іонів та сухого залишку до рівня, що відповідає вимогам нормативних документів в умовах Карачунівського

водопровідного комплексу, необхідно використовувати метод іонного обміну з використанням карбонату натрію на стадії коагуляції.

Запропонована технологічна схема виробництва питної води, може бути реалізована і у пересувному варіанті на відповідному транспортному засобі, що може забезпечити організацію постачання питної води з використанням поверхневого джерела в умовах надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, навіть в умовах високого забруднення поверхневих джерел.

Висновки. Проведені експериментальні дослідження дозволяють стверджувати про спроможність методу іонного обміну в повній мірі довести концентрацію домішок в питній воді до нормативного. Запропоновано принципову схему застосування цього методу для виробництва питної води. Розглянуто можливість створення мобільних станцій підготовки питної води високої якості в умовах надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гос СанПиН № 383 "Вода питьевая. Гигиенические требования к качеству воды централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения".
2. Третьяков О.В., Андронов В.А. Проблеми забезпечення населення якісною питною водою з поверхневих джерел в сучасних умовах // Проблеми надзвичайних ситуацій. - Харків: УЦЗУ, 2007 - Вип. 6. – С. 180 – 185.
3. ЗУ "Про правові засади цивільного захисту".
4. ЗУ Про загальнодержавну програму "Питна вода України" на 2006-2020 рр.
5. Маргулова Т. Х., Мартинова О. И. Водные режимы тепловых и атомных электростанций. М.: Высш. школа, 1981 – 320 с.
6. Водоподготовка. Процессы и аппараты. Под ред. д.т.н., проф. О. И. Мартыновой. М.: Атомиздат, 1977 – 352 с.
7. ГОСТ 4389-72. «Вода питна, методи визначення сульфатів». - 1972 - № 2145.
8. ГОСТ 4151-89. «Вода питна. Методи визначення загальної жорсткості». - 1972 - № 1855.

9. Третьяков О. В., Розробка рекомендацій з корегування технологічного регламенту Карачунівського водопровідного комплексу. - Держ. реєстр. 0108U004230 – Х.: УЦЗУ, 2008. – 76 с.
10. Андронов В. А., Пономаренко Р.В. Можливості виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру, пов'язаних із антропогенним впливом на поверхневі водойми // Проблеми надзвичайних ситуацій. - Харків: УЦЗУ, 2007 - Вип. 6. – С. 12 – 17.

nuczu.edu.ua

УДК 351.861

*Тютюник В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр., УЦЗУ,
Шевченко Р.І., канд. техн. наук, нач. каф., УЦЗУ,
Тютюник О.В., студентка, ЗНУ*

ОЦІНКА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ НЕБЕЗПЕКИ НАСЕЛЕННЯ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

(представлено д-ром хім. наук Калугінім В.Д.)

У роботі сформовано принцип комплексної оцінки індивідуальної небезпеки населення регіонів України, як основи розробки та побудови інтегральної системи безпеки від надзвичайних ситуацій. Проведено аналіз стану регіонів України з його урахуванням.

Постановка проблеми. Суспільство, природне та технічне середовище у процесі існування, розвитку та взаємодії генерують небезпеки, які впливають на стан внутрішніх складових, до складу яких відносяться соціуми даної природно-технічно-соціальної системи.

Таким чином, на сьогодні існує гостра необхідність розгляду теорії безпеки як єдиної складової інженерно-технічного та соціально-психологічного аспектів розвитку суспільства.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Про необхідність даного напрямку розвитку систем безпеки свідчать дискусії, що тривають в наукових колах. Так у роботах [1 – 3] розглядаються питання підвищення ефективності виявлення небезпечних факторів та ліквідації надзвичайних ситуацій (НС). Однак ці питання розглядаються науковцями лише з інженерно-технічного боку забезпечення безпеки.