

ФОРМУВАННЯ КАРБОНАТНОЇ СИСТЕМИ ОБОРОТНОЇ ОХОЛОДЖУЮЧОЇ ВОДИ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ ТА ВЛИВ НА pH ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ПРИ ЗВОРОТНИХ СКИДАХ

Бедункова О.О., Кузнєцов П.М.

Національний університет водного господарства та природокористування України
вул. Соборна, 11, 33028, м. Рівне

o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua, kuznetpavel@gmail.com

Метою роботи є аналіз формування КС зворотної системи охолодження (ОСО) Рівненської АЕС та її впливу на зміни pH поверхневих вод р. Стир для оптимізації використання хімічних реагентів у технології водопідготовки з мінімізацією екологічного впливу зворотних вод на поверхневі води та удосконалення ведення водно-хімічного режиму ОСО. Вимірювання pH проводили іонометром «І-160» за нормативною методикою. Аналіз даних хімічного контролю ОСО Рівненської АЕС проводився відповідно до наведених у звітах з оцінки впливу нерадіаційних факторів ВП РАЕС згідно з нормативами. Проаналізовані дані по зміні pH та відповідні зміщення рівноваги КС технологічних і зворотних вод оборотної системи охолодження (ОСО) Рівненської АЕС (ВП РАЕС) при проведенні водопідготовки. Помічено, що в додатковій охолоджуючій воді, яка попередньо освітлена шляхом вапнування, відсутній розчинений вуглекислий газ та наявна залишкова вільна лужність. При застосуванні сірчаної кислоти для стабілізаційної обробки відбувається нейтралізація вільної лужності вапнової додаткової води, що супроводжується виділенням вуглекислого газу. У процесі досліджень зафіксовано впливи на охолоджуючу воду, що відбуваються при нагріванні в конденсаторі та охолодженні, аерації в градирні ОСО, які викликають зміщення рівноваги КС охолоджуючої води зі зменшенням або підвищенням вмісту вуглекислого газу, бікарбонат- та карбонат-іонів і pH. При скиданні зворотних вод ВП РАЕС у природний водний об'єкт – річку Стир відмічено зсув у карбонатній системі та зміни pH. Показано недоцільність використання сірчаної кислоти для забезпечення природоохоронних норм зворотних вод ОСО по водневому показнику. Результати дослідження можуть бути застосовані до будь-якої електростанції з ОСО, де реалізована попередня водопідготовка охолоджуючої води вапнуванням та стабілізаційна обробка мінеральною кислотою. *Ключові слова:* атомна електростанція, водопідготовка, поверхневі води.

The formation of the carbonate system of circulating cooling water and effect on changes in surface water pH during return water discharge. Biedunkova O., Kuznietsov P.

The purpose of the work is to analyze the formation of the carbonate system of the recirculating cooling system (RCS) of the Rivne NPP and its influence on changes in the pH of the surface waters of the Styr River in order to optimize the use of chemical reagents in water treatment technology with the minimization of the ecological impact of return water on surface waters and to improve the efficiency of the water-chemical regime of the WWTP. The pH was measured with an ionometer "I-160" according to the normative method. The analysis of chemical control data of the Rivne NPP RCS was carried out in accordance with the reports on the assessment of the impact of non-radiation factors of the RNPP VP in accordance with the regulations with the regulations. Analyzed data on changes in pH and corresponding shifts in the balance of the carbonate system of the process water and return water of the circulating cooling system (CCS) of the Rivne NPP during water treatment. Additional cooling water pre-clarified by liming has no dissolved carbon dioxide and residual free alkalinity. When using sulfuric acid for stabilization treatment, the free alkalinity of limed additional water is neutralized, which is accompanied by the release of carbon dioxide. Impacts are recorded effects on the cooling water that occur during heating in the condenser and cooling, aeration in cooling towers CCS, cause a shift in the equilibrium of the carbonate system of the cooling water with a decrease or increase in the content of carbon dioxide, bicarbonate and carbonate ions, and pH. A shift in the carbonate system and changes in pH were noted during the discharge of return water from the RAEP into a natural water body – the Styr River. The impracticality of using sulfuric acid to ensure the environmental protection norms of return waters of the CCS according to the hydrogen indicator is shown. The results of the study can be applied to any power plant with CCS, where preliminary water treatment of cooling water by liming and stabilization treatment with mineral acid is implemented. *Key words:* nuclear power plant, water treatment, surface water.

Постановка проблеми. Вода є незамінним компонентом для роботи атомних електростанцій (АЕС), оскільки вона потрібна для охолодження в процесах пароводяного циклу [1]. Скиди відпрацьованих вод у природні водойми можуть призводити до змін хімічної рівноваги їх компонентів, що становить потенційну техногенну небезпеку та вимагає постійного контролю в роботі АЕС [2].

Актуальність проблеми. Важливими параметрами контролю водно-хімічного режиму системи охолодження АЕС є вуглекислий газ, бікарбонат- та карбонат- іони. Це основні компоненти карбонатної буферної системи природних вод, що забезпечують здатність нейтралізувати кислоти та визначають лужність води. Саме тому, в технологіях водопідготовки оборотних систем охолодження (ОСО) АЕС

компоненти карбонатної системи (КС) мають задовольняти ряду екологічних стандартів [3], що також має суттєве значення з огляду сталого розвитку всього енергетичного сектору [4].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Робота тісно пов'язана з вирішенням завдань, що наведені у Водній стратегії України на період до 2050 року [5] та оцінкою нерадіаційного екологічного впливу АЕС зі скидом зворотних вод [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомо, що у природних водах співвідношення вуглекислого газу, бікарбонат та карбонат-іонів є формуючим чинником рН водного середовища. Кожна з форм компонентів КС води існує в певному інтервалі рН, наявність тієї чи іншої форми визначає певне значення рН води, що обумовлює знаходження співіснуючих форм карбонатів. Розчинений вуглекислий газ взаємодіє з водою і утворює бікарбонат- та карбонат-іони, а підвищення рН води, як важливого компонента карбонатної рівноваги, призводить до зсуву карбонатної рівноваги в бік утворення карбонату кальцію [7, 8]. При дослідженні КС річок було встановлено, що у водах з більш високою лужністю атмосферна рівновага настає повільніше, оскільки частина вуглекислого газу, що надходить у потік річки, переходить у бікарбонатні іони [9]. Результатом цієї прямої буферності є сталість збереження рН, показника лужності та збільшення показника розчиненого неорганічного вуглецю. Крім того, на компоненти КС води мають вплив гідробіологічні процеси. Зокрема, у сезон активної вегетації планктонних організмів, за рахунок споживання вуглекислого газу під час фотосинтезу водних рослин, відбувається асиміляція вуглекислого газу з утворенням бікарбонат-іонів, що проявляється у підвищенні рН води [10].

У технологічних циклах систем водного охолодження, на стехіометрію рН водного середовища впливають і такі фактори як температура води, швидкість руху води, час перебування в системі, інтенсивність аерації і випаровування води, а також додавання хімічних реагентів і металургія комплекуючих системи [11].

Наприклад, при модельному дослідженні вивільнення вуглекислого газу та змін КС при нагріванні без аерації, з утворенням накипу карбонату кальцію, відтворювались умови багатоступеневого випаровування ОСО. Було встановлено, що при випаровуванні без аерації, рН зміщується до вищих значень і значно впливає на концентрацію бікарбонат- та карбонат-іонів у охолоджуючій воді [12]. Ефект концентрування розчинних солей і випадіння в осад бікарбонату кальцію у зворотних водах був помічений і при багатократному нагріванні охолоджуючої води в конденсаторі турбіни, що свідчило про зміщення рівноваги КС ОСО [13]. Доведено також, що наявні у промислових системах охолодження інші хімічні

компоненти, після скидів у природні водні об'єкти, роблять хімічний склад поверхневих вод складнішим та здатні змінювати їх рН [14]. Проведені експериментальні дослідження зміни компонентів КС охолоджуючої води, яка попередньо пройшла водопідготовку вапнуванням, залежно від коефіцієнтів концентрації та аерації повітря, що імітує процеси концентрації та аерації в оборотних системах охолодження електростанцій, було встановлено, що в охолоджуючій воді при аерації в градирні та концентруванні при випаровуванні в ОСО відбувається зміщення рівноваги КС зі зменшенням або підвищенням карбонатної лужності, вмісту бікарбонату, карбонатних іонів і рН при застосуванні або без застосування стабілізаційної обробки сірчаною кислотою [15].

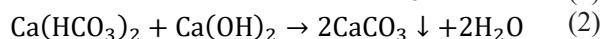
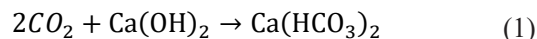
Очевидно, що при експлуатації систем охолодження атомних електростанцій, у кожному конкретному випадку важливо відстежувати водно-хімічний режим як самих ОСО, так і природних водних об'єктів, до яких потрапляють їх скидні води. Це дозволить покращити розуміння умов захисту природних поверхневих вод, а отже сприятиме екологічній безпеці експлуатації атомних електростанцій.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Недостатньо висвітленим та вивченим є питання формування КС ОСО при застосуванні процесів водопідготовки, зокрема вапнуванні та стабілізаційній обробці сірчаною кислотою. Дослідження впливу скидів вапнованої та підкисленої зворотної води ОСО на зміни рН поверхневих вод не вивчалися. Такі дослідження дозволять оптимізувати використання хімічних реагентів у технології водопідготовки та мінімізувати екологічний вплив зворотних вод на поверхневі води.

Новизна. Зафіксовано впливи на охолоджуючу воду, що відбуваються при нагріванні в конденсаторі та охолодженні, аерації в градирні ОСО, які викликають зміщення рівноваги КС охолоджуючої води зі зменшенням або підвищенням вмісту вуглекислого газу, бікарбонат- та карбонат-іонів і рН.

Виклад основного матеріалу дослідження. Водопідготовка охолоджуючої води ОСО ВП РАЕС проводиться освітленням шляхом вапнування в бікарбонатному режимі з наступною стабілізаційною обробкою сірчаною кислотою та є складовою загального балансу технологічних вод ОСО ВП РАЕС (рис. 1).

Суть освітлення вапнуванням полягає у видавленні з води бікарбонат-іонів, при цьому відбуваються наступні процеси: зв'язується вуглекислий газ – реакція (1) та іони кальцію та випадають в осад – реакція (2):



Для додаткового інгібування утворення накипу застосовується стабілізаційна обробка сірчаною кис-

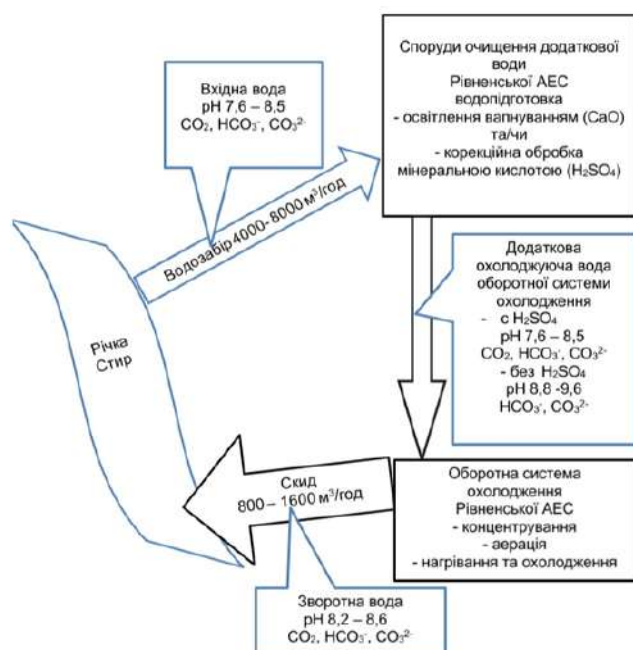
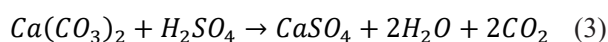


Рис. 1. Баланс технологічних вод ОСО ВП РАЕС

лотою. При використанні сірчаної кислоти, частина карбонатної жорсткості перетворюється на постійну за реакцією – рівняння (3), вільна лужність бікарбонат- та карбонат-іонів нейтралізується:



Водопідготовка додаткової охолоджуючої води вапнуванням знижує вміст іонів кальцію в середньому до 40%, стабілізаційна обробка збільшує вміст сульфат-іонів в середньому на 18 мг/дм³. Стабілізаційна обробка сірчаною кислотою проводиться до зниження значення водневого показника додаткової охолоджуючої води рН 7,5–7,8 од. та підвищує вміст сульфат-іонів (табл. 1).

Вимірювання рН проводили іономіром «И-160» за нормативною методикою (Методика МВВ 081/12-0317-06, 2006). Аналіз даних хімічного

контролю ОСО Рівненської АЕС проводився відповідно до наведених у звітах з оцінки впливу нерадіаційних факторів ВП РАЕС згідно з нормативами [6]. Відповідно до вимог національних стандартів України щодо складу та властивостей водних об'єктів питного водокористування, води водойм зон відпочинку, а також води рибогосподарських водойм, рН не повинен виходити за межі значень 6,5–8,5.

Для оцінки ведення водно-хімічного режиму (ВХР) застосовуються різні критерії: індекс Ланжелє, Індекс Ризнера, індекс Ларсона-Скольда, різниці коефіцієнтів випаровування φ – ψ , встановлення обмежень за допустимими значеннями жорсткості охолоджуючої води. Для оцінки якості ведення ВХР ОСО на Рівненській АЕС, протягом тривалого часу експлуатації, контроль утворення накипу проводиться за критерієм різниці значень коефіцієнтів випаровування φ – ψ , величина якої не повинна перевищувати 0,2. Коефіцієнт випаровування φ розраховується за хлорид іонами, ψ розраховується за жорсткістю загальною за рівнянням (4), де Cl , ($\text{Ж}_{\text{заг}}$) – вміст хлорид-іонів (загальна жорсткість), мг/дм³ (ммоль/дм³) в охолоджуючій та додатковій водах:

$$\varphi = \frac{\text{Cl}^{\text{ц.в}}}{\text{Cl}^{\text{дод.в}}} \quad \psi = \frac{\text{Ж}_{\text{заг}}^{\text{ц.в}}}{\text{Ж}_{\text{заг}}^{\text{дод.в}}} \quad (4)$$

Збереження пропорційності зміни значень φ та ψ свідчить про пропорційність упарювання іонів кальцію, магнію та хлоридів з відсутністю інтенсивного протікання процесу осадження кальцію у вигляді карбонату кальцію.

Впродовж 2012–2021 рр. показник рН води р. Стир відповідає вимогам національних стандартів України та обумовлений вмістом бікарбонат-іонів. Дані контролю рН води р. Стир свідчать, що протягом року показник схильний до сезонних коливань, взимку рН знижується до 7,5–8,0 од., а влітку підвищується до 7,8–8,5 од.

При водопідготовці вапнуванням, рН збільшується до 9,4–9,8 од., відбувається зсув карбонатної

Таблиця 1

Якість води р. Стир та додаткової охолоджуючої води ВП РАЕС (2012–2021 рр.)

Показник, мг/дм ³	Вода р. Стир	Додаткова охолоджуюча вода ВП РАЕС, мг/дм ³	
		без стабілізаційної обробки H ₂ SO ₄	зі стабілізаційною обробкою H ₂ SO ₄
Мінералізація загальна	<u>369.7</u> ¹⁾ 339,32 – 621,6	<u>290.3</u> 305,62 – 526,42	<u>374.5</u> 368,25 – 647,62
Масова концентрація сульфат-іонів	<u>38.63</u> 23,79 – 61,28	<u>40.35</u> 25,61 – 60,26	<u>58.4</u> 50,36 – 85,63
Масова концентрація хлорид-іонів		<u>15.04</u> ²⁾ 11,34 – 19,15	
Масова концентрація іонів кальцію	<u>95.41</u> 87,35 – 105,96	<u>36.4</u> ²⁾ 25,64 – 38,52	

Примітка:

¹⁾ – середнє значення у чисельнику, у знаменнику діапазон мінімального та максимального значення за 2012–2021 рр.

²⁾ – значення не змінюється при водопідготовці вапнуванням та/чи стабілізаційній обробці.

рівноваги з утворенням карбонат-іонів та осадженням карбонату кальцію та утворюється вільна лужність. При стабілізаційній обробці сірчаною кислотою відбувається нейтралізація лужності до рН 7,5–7,8 з утворенням бікарбонатів (рис. 2).

За період проведення наших досліджень, спостерігались періоди підживлення додатковою водою, що нейтралізована (2012–2016 рр.) чи не нейтралізована сірчаною кислотою (2017–2021 рр.) при вибіркового застосуванні стабілізаційної обробки сірчаною кислотою.

При підживленні водою, що нейтралізована сірчаною кислотою в охолоджуючій воді ОСО спостерігалось збільшення рН (рис. 2), а не нейтралізованої – зменшення рН (рис. 3), що в обох випадках обумовлено накопиченням бікарбонат-іонів.

Стабілізація значень рН охолоджуючої води ОСО, незалежно від способу стабілізаційної обробки спостерігається в діапазоні 8,3–8,7.

Середньорічні результати контролю технологічних вод ОСО ВП РАЕС та води р. Стир наведена на рис. 4.

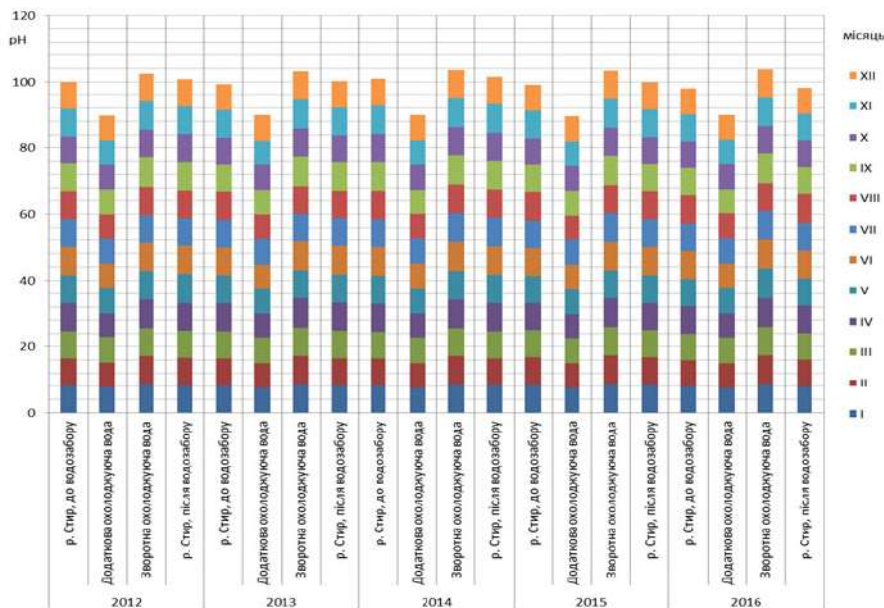


Рис. 2. Зміна рН технологічних вод ВП РАЕС та води р. Стир за період сталого дозування сірчаної кислоти для стабілізаційної обробки 2012–2016 рр. (діаграма з накопиченням)

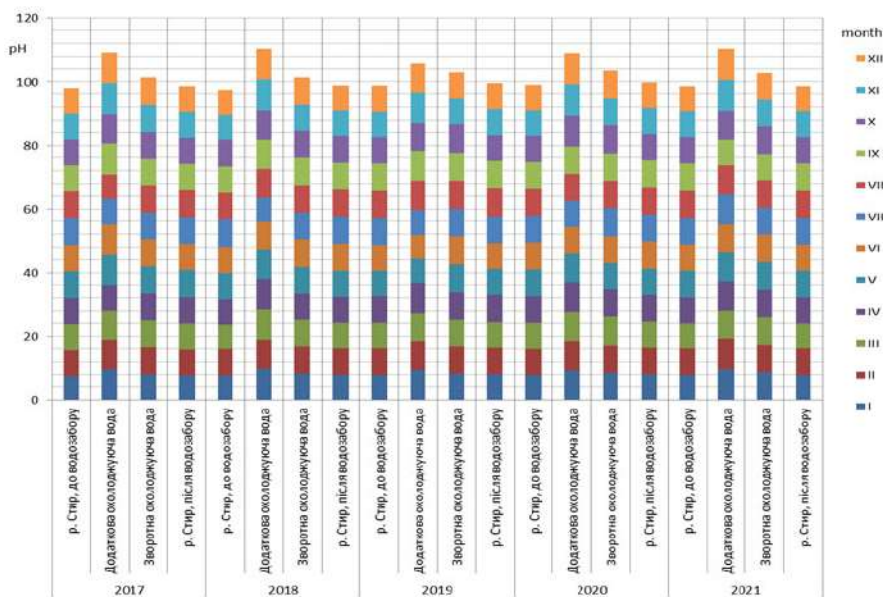


Рис. 3. Зміна рН технологічних вод ВП РАЕС та води р. Стир за період часткового дозування сірчаної кислоти для стабілізаційної обробки 2017–2021 рр. (діаграма з накопиченням)

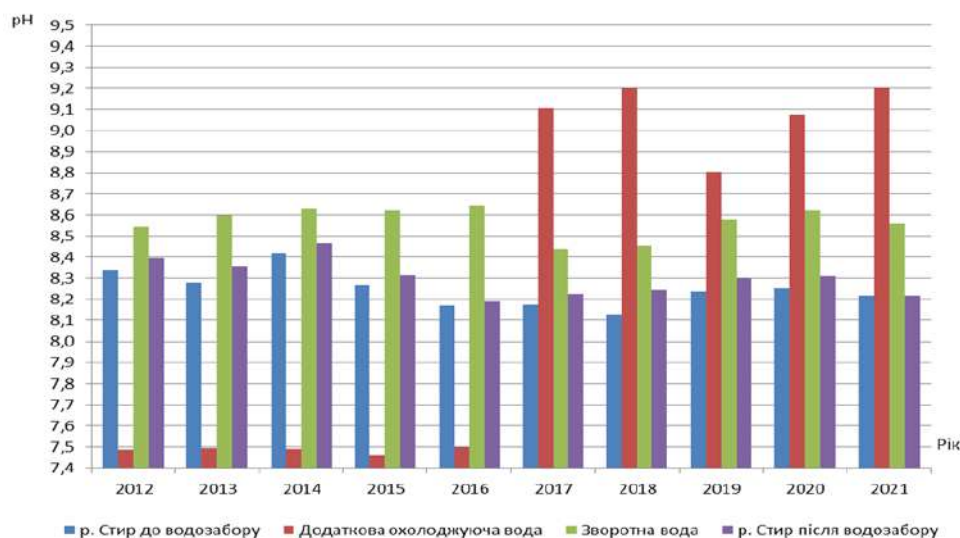


Рис. 4. Середньорічні данні змін рН води р. Стир та додаткової охолоджуючої води Рівненської АЕС

Таким чином, скид зворотної води з рН 8,3–8,7 Рівненської АЕС не впливає на показники рН води р. Стир.

Обговорення. При експлуатації ОСО важливим є забезпечення ВХР, з метою недопущення утворення накипу, корозії та біологічних перешкод [2]. За результатами наших досліджень було з'ясовано, що в технологічному циклі ОСО ВП РАЕС додаткова охолоджуюча вода повністю позбавлена вуглекислого газу при попередньому вапнуванні, а утворення вуглекислого газу відбувається при нейтралізації сірчаною кислотою та при нагріванні в теплообмінниках споживачах із виділенням осаду карбонату кальцію. В градирні при охолодженні та аерації охолоджуючої води з рН $9,6 \pm 0,2$, без попередньої стабілізаційної обробки сірчаною кислотою, може спостерігатися абсорбція вуглекислого газу з повітря для встановлення рівноваги КС за нейтралізації залишкової вільної лужності попередньо вапнованої води. Така ситуація пояснюється тим, що при використанні неочищеної вхідної води для підживлення ОСО утворення накипу неможливо запобігти навіть за низьких рівнів концентрування охолоджуючої води [12]. Тому застосовують методи попереднього очищення, що може включати фізичні, фізико-хімічні та хімічні методи водопідготовки. Освітлення вапнуванням є одним із найпоширеніших технологічних рішень водопідготовки, доза вапна, що використовується для водопідготовки, визначає значення водневого показника рН додаткової охолоджуючої води [15].

За результатами наших досліджень при проведенні стабілізаційної обробки сірчаною кислотою, вільна лужність попередньо вапнованої охолоджуючої води з рН 7,5–7,8 вже нейтралізована, абсорбції вуглекислого газу з повітря з нейтралізацією залишкової вільної лужності в градирні не відбувається,

при охолодженні в градирні, можливе вивільнення вуглекислого газу, що утворився при осадженні карбонату кальцію за реакцією з підвищенням водневого показника рН, що обумовлено концентруванням проби при випаровуванні та накопиченням бікарбонат іонів, для охолоджуючої води, що пройшла вапнування та оброблена сірчаною кислотою і не містить вільну лужність. Це пояснюється тим, що властивості КС води, залежать від протікання двох конкуруючих реакцій, які обумовлюють розчинення вуглекислого газу при аерації, з утворенням бікарбонат-іонів, зі зменшенням рН, та, при концентруванні, розкладом частини бікарбонат-іонів і утворенням карбонат-іонів, що збільшує рН [10, 11]. Тобто, визначальним фактором зміщення рівноваги реакцій є початковий стан розподілу компонентів КС, визначений початковим рН.

Помічені нами сезонні коливання показника рН в р. Стир, зокрема його зниження взимку та підвищення влітку можуть бути пояснені сезонними особливостями розвитку фітопланктонних угруповань та проявом їх фотосинтетичної активності [9]. Очевидно, що зміна рівноваги рН поверхневих вод р. Стир протягом року пов'язана передусім із природними факторами.

Висновки. Зміна рН технологічних вод ОСО при водопідготовці вапнуванням та стабілізаційній обробці зумовлена накопиченням природних компонентів вуглекислого газу, бікарбонат- та карбонат-іонів, що існують в природній системі за рахунок зміщення рівноваги, при аерації та випаровуванні внаслідок випаровування.

При дослідженні рівноваги КС в технологічних водах ОСО Рівненської АЕС та природних водах р. Стир з'ясовано, що застосування стабілізаційної обробки сірчаною кислотою у водопідготовці, виключно для забезпечення екологічних норм за

значенням рН, є недоцільним. Накопичення бікарбонат-іонів і нейтралізація карбонат-іонів з екологічної точки зору не компенсує штучне введення сульфат-іонів у природні об'єкти для використання сірчаної кислоти лише для зменшення рН води з метою забезпечення природоохоронних норм. Застосування сірчаної кислоти доцільно проводити лише для нормалізації водно-хімічного режиму.

Враховання даного факту дозволить оптимізувати технологію водопідготовки ОСО Рівненської АЕС із гарантією дотримання екологічно безпечного водно-хімічного режиму скидних вод на р. Стир. Результати дослідження можуть бути також застосовані до будь-якої електростанції з ОСО, де реалізована попередня водопідготовка охолоджуючої води вапнуванням та стабілізаційна обробка мінеральною кислотою.

Література

1. Macknick J., Newmark R., Heath G., Hallett K. C. Operational water consumption and withdrawal factors for electricity generating technologies: a review of existing literature. *Environmental Research Letters*. 2012. Vol. 7(4). P. 045802.
2. Argüelles R., Toledo M., Martín M. A. Study of the Tagus River and Entrepeñas reservoir ecosystem around the Trillo nuclear power plant using chemometric analysis: Influence on water, sediments, algae and fish. *Chemosphere*. 2021. Vol. 279. P. 130532.
3. Lim-Wavde K., Zhai H., Kauffman R. J., Rubin E. S. Assessing carbon pollution standards: Electric power generation pathways and their water impacts. *Energy Policy*. 2018. Vol. 120. P. 714–733.
4. Cole J. J., Prairie Y. T. Dissolved CO₂. *Encyclopedia of Inland Waters*. 2009. P. 30–34.
5. Про схвалення Водної стратегії України на період до 2050 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 09.12.2022 № 1134-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1134-2022-%D1%80#Text>
6. Звіт з оцінки впливу нерадіаційних факторів ВП «Рівненська АЕС» ДП «НАЕК «Енергоатом» на довкілля за 2013–2021. Вараш : Рівненська АЕС. 2022 р.
7. Tarazona J. V. Pollution, water. *Reference Module in Biomedical Sciences*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-824315-2.00188-3> (date of access: 11.04.2023).
8. Stets E. G., Butman D., McDonald C. P., Stackpoole S. M., DeGrandpre M. D., Striegl R. G. Carbonate buffering and metabolic controls on carbon dioxide in rivers. *Global Biogeochemical Cycles*. 2017. Vol. 31(4). P. 663–677.
9. Ramos e Silva C. A., Monteiro N. S. C., Cavalcante L. M., Junior W. T., Rocha Carneiro M. E., Soares de Souza F. E., Borges Garcia C. A., Damasceno R. N., de Araújo Rocha A. Inventory of water masses and carbonate system from Brazilian's northeast coast: Monitoring ocean acidification. *PLOS ONE*. 2022. Vol. 17(7). P. e0271875.
10. Хорунжий П. Д., Хомутецька Т. П., Хоружий В. П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. К. : Аграрна наука, 2008. 543 с.
11. Meier D. A., Chen B., Myers C. Chapter 11 – Cooling water systems: An overview. Editor(s): Amjad Z., Demadis K. D. *Water-Formed Deposits*. 2022. P. 239–267.
12. Al-Rawajfeh A. E., Glade H., Ulrich J. Scaling in multiple-effect distillers: the role of CO₂ release. *Desalination*. 2005. Vol. 182(1–3). P. 209–219.
13. Si Z., Xiang J., Han D. Performance analysis of a vacuum membrane distillation system coupled with heat pump for sulfuric acid solution treatment. *Chemical Engineering and Processing – Process Intensification*. 2022. Vol. 171. P. 108734.
14. Moudgil H. K., Yadav S., Chaudhary R. S., Kumar D. Synergistic effect of some antiscalants as corrosion inhibitor for industrial cooling water system. *Journal of Applied Electrochemistry*. 2009. Vol. 39(8). P. 1339–1347.
15. Kuznietsov P. N., Biedunkova O. O., Yaroshchuk O. V., Experimental study of transformation of carbonate system components cooling water of Rivne Nuclear Power Plant during water treatment by liming. *Problems of Atomic Science and Technology*. 2023. № 2(144). P. 69–73.
16. Mitchell M. J., Jensen O. E., Cliffe K. A., Maroto-Valer M. M. A model of carbon dioxide dissolution and mineral carbonation kinetics Proceedings of the Royal Society. *Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2009. Vol. 466(2117). P. 1265–1290.
17. Поверхневі, підземні та зворотні води. Методика виконання вимірювань водневого показника (рН) електрометричним методом МВВ 081/12-0317-06. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76469 (дата звернення 07.02.2023). (дата звернення 07.02.2023).