

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОДОКОРИСТУВАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА ГІДРОЛОГІЧНИЙ РЕЖИМ РІЧКИ (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ СТИР)

Кузнєцов Павло Миколайович,

здобувач третього (освітньо-наукового) рівня

Національного університету водного господарства та природокористування

ORCID ID: 0000-0002-8263-0000

Scopus Author ID: 58164425200

Web of Science Researcher ID: HJP-5120-2023

Бєдункова Ольга Олександрівна,

доктор біологічних наук,

професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства

Національного університету водного господарства та природокористування

ORCID ID: 0000-0003-4356-4124

Scopus Author ID: 57193439260

Web of Science Researcher ID: H-9464-2018

Метою роботи було дослідження гідрологічного режиму річки Стир у зоні впливу водокористування Рівненської атомної електростанції (РАЕС) з виявленням визначальних чинників і їхнього взаємозв'язку. Для оцінки змін гідрологічних показників річки Стир у зоні водозабору та скиду води Рівненської атомної електростанції використано підхід, заснований на аналізі діапазону варіабельності (RVA). Виявлені закономірності та проведений аналіз динаміки водокористування Рівненської атомної електростанції свідчать про збільшення витрат на водоспоживання в теплу пору року, що пов'язано з вищою температурою навколишнього середовища і, відповідно, більшим випаровуванням води із системи охолодження. Виявлено позитивний значущий ($p < 0,0001$) на рівні сильного ($r = 0,7-0,9$; $R-sq = 0,9869$) кореляційний зв'язок режиму забору та скидання води Рівненської атомної електростанції з температурою води в річці. Новизна роботи полягає в порівнянні фактичних витрат води річки Стир у зоні водокористування Рівненської атомної електростанції з даними нормалізованого індексу різниці води (NDWI), отриманого за допомогою зображення ділянки річки Стир супутника Sentinel-2. Практична значущість дослідження полягає в тому, що отримані результати можуть бути використані для планування та впровадження стратегій управління водними ресурсами, що орієнтовані на збереження якості поверхневих вод. Представлений підхід до контролю джерела забруднення передбачає мінімізацію їхнього впливу на водоїму та може бути використаний для оцінки нерадіаційного впливу скидів атомних електростанцій. Результати дослідження свідчать про відсутність впливу скидів з Рівненської атомної електростанції, отже, не потребують оптимізаційних заходів, оскільки гідроекологічні показники та зміна їхніх значень не впливають на екологічний стан поверхневих вод річки Стир і не перешкоджають досягненню цілей Водної рамкової директиви.

Ключові слова: гідрологічний режим та показники, водний скид, система охолодження, екологічний стан, антропогенне навантаження.

Kuznietsov Pavlo, Biedunkova Olha. Investigation of the influence of water use of the power plant on the hydrological regime of the river (on the example of the Styr river)

The purpose of this study was to investigate the hydrological mode of the Styr river waters in the area of influence of Rivne Nuclear Power Plant (RNPP) water use with the identification of factors that determine them and their interrelated impact. The approach based on the analysis of the range of variability (RVA) was used to assess changes in the hydrological parameters of the Styr river in the RNPP water intake and discharge area. The identified patterns and the analysis of the dynamics of RNPP water use indicate an increase in water consumption costs in the warm season, which is associated with higher ambient temperatures and, accordingly, greater evaporation of water from the cooling system. A positive, significant ($p < 0,0001$), strong ($r = 0,7-0,9$) correlation with $R-sq = 0,9869$ was found between the RNPP water intake and discharge regime and the river water temperature. The novelty of the work is to compare the actual water discharge of the Styr River in the RNPP water use area with the data of the normalised difference water index (NDWI) obtained using the Sentinel-2 satellite image of the Styr River. The practical significance of the study is that the results obtained from the study can be used to plan and implement appropriate water management strategies and focus on water quality and sources of pollution to prevent water pollution in water bodies and can be used to assess the non-radiological impact of discharges from nuclear power plants. The results of the study indicate that there is no impact of discharges from RNPPs, and therefore no improvement measures are required, since hydroecological indicators and changes in their values do not affect the ecological status of surface water bodies and do not impede the achievement of the Water Framework Directive objectives.

Key words: hydrological mode and indicators, water discharge, cooling system, ecological state, anthropogenic impact.

Вступ. Упровадження Водної рамкової директиви (далі – ВРД) Європейського Союзу (далі – ЄС) забезпечує законодавчу основу для сталого управління та захисту ресурсів прісної води [1]. ВРД орієнтує всі держа-

ви-члени на досягнення «доброго екологічного стану» поверхневих водних об'єктів, що стало для України одним із першочергових завдань на шляху до входження в ЄС [2]. Для визначення екологічного стану або потен-

ціалу поверхневих водних об'єктів прийнято враховувати хімічні, фізико-хімічні та гідрологічні показники. Гідрологічні показники є показниками якості встановленого гідрологічного режиму та впливають на екологічний статус водойми. Дії з поліпшення екологічного статусу водойм потрібні там, де гідрологічні показники впливають на екологічний стан поверхневих вод і перешкоджають досягненню цілей ВРД щодо забезпечення «доброго екологічного стану» водних об'єктів [3]. На основі Посібника щодо звітності ВРД [4] гідрологічні зміни розглядаються як вплив чи рушійна сила зміни середовища існування та фактичного стану гідроекологічного режиму водойми. Основною метою методів оцінки зміни гідрологічного режиму є оцінка відхилення поточних гідрологічних показників від притаманного гідрологічного режиму водного об'єкта. Найбільш показовими характеристиками для оцінки гідрологічних змін є витрати води у водоймах: середньорічна, Q_a ; середньодобова, Q_d ; середньомісячна, Q_m ; середньорічна мінімальна, Q_{al} ; середньорічна максимальна Q_{dl} [5]. Для аналізу змін гідрологічного режиму застосовується підхід діапазону мінливості (далі – RVA) – багатоваріантний підхід, розроблений для оцінки ступеня гідрологічних змін річкових екосистем через гідрометеорологічні й антропогенні навантаження [6]. Цей підхід передбачає оцінювання гідрологічних змін на основі відмінностей у характеристиках режиму течії між двома визначеними періодами часу та використовує систему трьох класів у діапазоні: низький – 0–33%, помірний – 33–67% високий – 67–100%. Відомо, що данні супутникових знімків також застосовують для оцінки водності, що можуть бути використані для оцінки гідрологічного режиму. Sentinel-2 – це супутник для отримання широкого спектра зображень, розроблений Європейським космічним агентством [7]. Для точного отримання інформації про водні об'єкти було створено різні індекси води за допомогою просторових і спектральних характеристик зображень дистанційного зондування водних об'єктів. Найбільш часто використовуваним індексом є нормалізований індекс різниці води (далі – NDWI) [8].

Оцінка гідрологічного режиму річкового басейну важлива та вирішує проблематику визначення навантажень і врахування результатів аналізу, пов'язаного з впливом діяльності людини на навколишнє середовище. У системі охолодження електростанцій циркулюють значні об'єми води, яка відбирається та скидається у природну водойму, через що відбувається передача тепла від електростанції до водойми [9]. Постійна величина скиду води у водні об'єкти від систем охолодження для забезпечення роботи електростанції з оборотною системою із градирнями може сягати до $1,0 \text{ м}^3/\text{с}$ на $1\,000 \text{ МВт-год}$ виробленої електроенергії [10; 11].

Метою представленого дослідження є проведення комплексного оцінювання водокористування системи охолодження електростанції та гідрологічного режиму водного об'єкта з виявленням чинників, що їх визначають, і взаємозв'язаних впливів. Об'єктом дослідження є гідрологічний режим р. Стир у зоні водокористування

Рівненської атомної електричної станції (далі – РАЕС). Предметом дослідження є процеси формування та змін гідрологічних показників під впливом водокористування РАЕС. Для досягнення мети були поставлені такі завдання дослідження: виявити закономірності змін і провести аналіз гідрологічного та температурного режимів р. Стир у зоні водокористування РАЕС; виявити закономірності та провести аналіз динаміки забору та скиду води РАЕС, провести визначення кореляційних залежностей; оцінити динаміку змін гідрологічного режиму р. Стир у зоні водокористування РАЕС.

Матеріали та методи. Визначення гідрологічних показників проводилось для р. Стир у зоні водокористування РАЕС. Методика дослідження передбачала визначення витрат забору та скиду води РАЕС та витрат води р. Стир. Вимірювання витрат водокористування проводили стандартними методами вимірювання (ультразвукові лічильники та прилади діафрагмового типу). Швидкість течії в р. Стир вимірювалась на гідрологічному посту нижче водозабору РАЕС за допомогою акустичного вимірювача швидкості течії, розрахунок витрат проводився за добутком площі поперечного перерізу (м^2) на пересічну швидкість течії ($\text{м}/\text{с}$). Температура води вимірювалась згідно з МВВ 081/12-0311-06. У процесі досліджень аналізували звітні результати щоденних вимірювань за період 2018–2022 рр. Для вказаного часового інтервалу були зібрані супутникові зображення Sentinel-2 на хмарній платформі Sentinel Hub EO Browser. Для візуалізації даних використаний нормалізований індекс різниці води (далі – NDWI) за Макфітерсом [8]. Статистична обробка результатів дослідження передбачала визначення діапазону рядів даних (min – max), середньоарифметичного значення (M), стандартного відхилення ($\pm SD$), коефіцієнта варіації (CV) відповідної вибірки за допомогою програмного пакету BioEstar (Version 5.3, MLM). Набор даних для оцінки зв'язку між змінними вивчали за допомогою кореляційного аналізу з визначенням коефіцієнта Пірсона (r) та значущості (p) [9]. Також метод регресії найменших квадратів був використаний для визначення зв'язку між набором залежних змінних із визначенням коефіцієнта детермінації (R-sq) [10]. Гідрологічні зміни (G, %) на досліджуваній ділянці р. Стир розраховувались за методикою [6; 7] для Q_a , Q_d , Q_m , Q_{al} , Q_{dl} за формулою (1):

$$G_n = (Q_n - Q_{n+1}) \cdot 100 / Q_n, \quad (1)$$

де Q_n – витрати за попередній рік (2018, 2019, 2020, 2021 рр.) чи місяць (січень – грудень) залежно від гідрологічного показника, $\text{м}^3/\text{с}$; Q_{n+1} – витрати за наступні роки дослідження (2019, 2020, 2021, 2022 рр.) чи місяць (лютий – грудень) залежно від гідрологічного показника, $\text{м}^3/\text{с}$.

Результати. РАЕС, що збудована у 80-ті рр. ХХ ст., має чотири енергоблоки з водо-водяними енергетичними реакторами із загальною потужністю $2\,835 \text{ МВт}$. Система охолодження РАЕС оборотна із градирнями, відкритого типу, постійно відбувається забір із р. Стир та скид води до неї [11]. Стир – річка на північному

заході України (рис. 1), протікає в межах Львівської, Волинської, Рівненської областей, впадає в р. Прип'ять. Довжина річки становить 494 км; площа басейну – 13 100 км², витрата води в гирлі в середньому за рік становить 49,5 м³/с, або 129,6·10⁶ м³/міс.; у верхній течії річка вузька (від 2–3 до 10–20 м), у середній і нижній – розширюється до 30–50 м; загальний напрямок течії річки північний, північно-східний [12]. За типологією поверхневих вод р. Стир є низинною, піщано-суглинистою, у живленні якої беруть участь вапняки та мергельно-крейдяні відкладення, що зумовлює гідрокарбонат-кальцієвий склад [13; 14]. Басейн р. Стир включає 21 притоку, має грушоподібну форму та межує з басейнами р. Горинь і р. Стохід. У безпосередній близькості водозабору РАЕС перебувають притоки р. Кромін, що впадає в р. Стир за 16,7 км вище водозабору РАЕС, та річки Горвах і Ров, що впадають у р. Стир у 13 км і 34 км нижче водозабору РАЕС відповідно.

Русло р. Кромін каналізоване, ширина русла на пригирловій ділянці по верхівці 20 м, по низу – 11 м, глибини в межень 0,5 м. Русло р. Ров каналізоване, ширина русла – 10 м, глибина – 2,0 м. Річки Кромін і Ров є водо-

приймачами мережі меліоративних каналів, що збирають воду із заболоченої місцевості, канали завширшки 5–12 м, глибина – 2,0–2,5 м. Русло р. Горвах каналізоване, завширшки 6,0 м, у верхів'ях басейну наявна мережа сушільних каналів завширшки 5 м і глибиною 2 м, де проводять розробку торфу [15].

Русло р. Стир на ділянці водозабору РАЕС помірно звивисте, завширшки 40–60 м, глибиною в межень 0,8–2,0 м, з невисокими, приблизно 1–3 м берегами. Береги р. Стир на ділянці водозабору РАЕС складені з пісків із суглинковими прошарками, русло піщане. Клімат території басейну річки помірний континентальний із додатним балансом вологи.

Витрати води р. Стир під час спостережень на гідрологічному посту в зоні водокористування РАЕС змінювалась у діапазоні від 10 до 63 м³/с, за середніх показників 27,0 ± 18,0 м³/с, із CV = 51,36% (рис. 2).

За умовами дозволу на спеціальне водне користування РАЕС [14], мінімальна санітарна витрата води нормується та становить 8 м³/с. У разі витрат нижче цього значення заборонено відбирати воду, робота електростанції має бути обмежена. Упродовж періоду спостере-

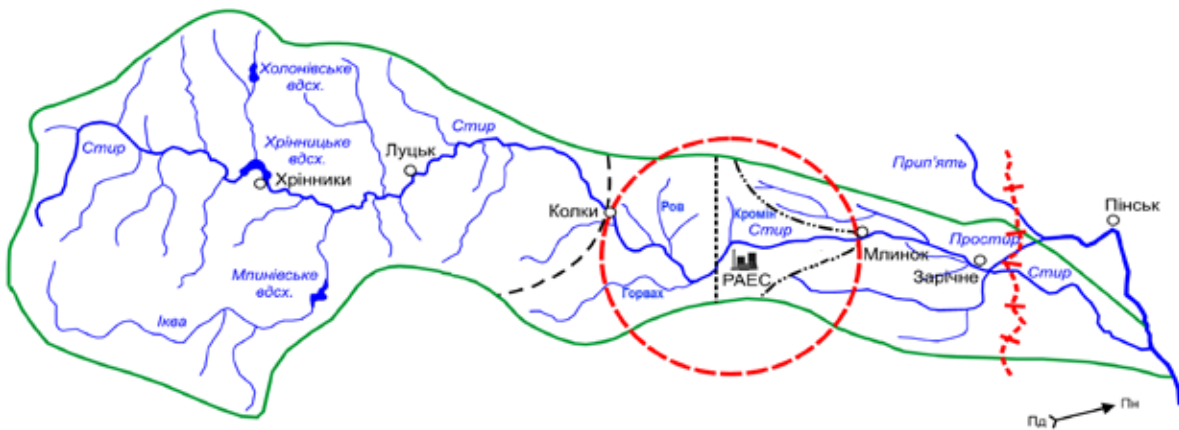


Рис. 1. Гідрографічна мережа водозабору р. Стир

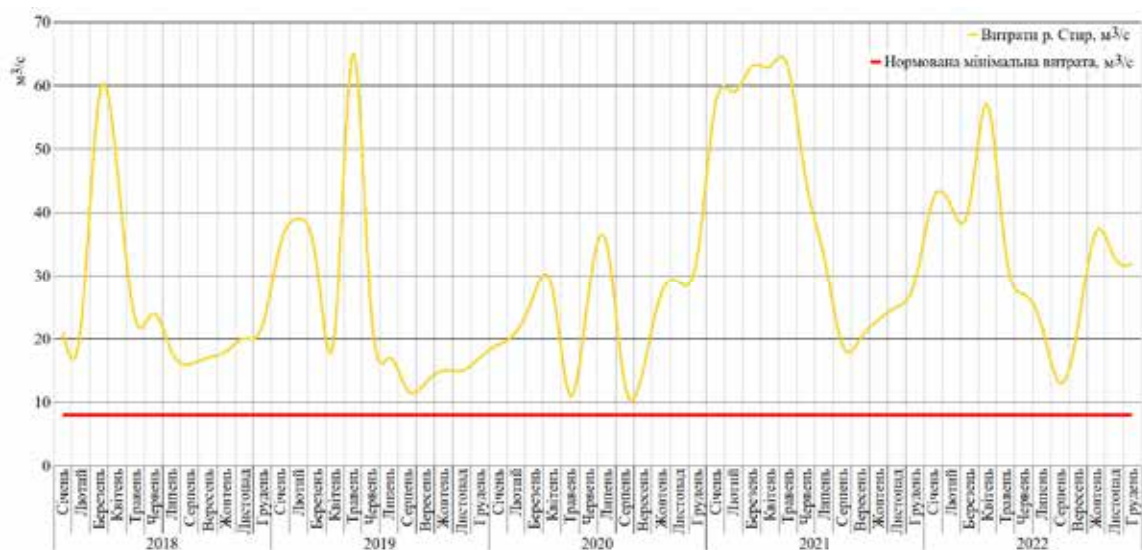


Рис. 2. Динаміка змін витрат р. Стир у зоні водокористування РАЕС

жень зниження витрати води р. Стир нижче нормованої мінімальної санітарної витрати не було зафіксовано.

Аналіз даних, що наведені на рис. 2, дозволяє констатувати, що максимальні витрати спостерігаються у вес-

няні місяці, а мінімальні в літні й осінні місяці. Наведені дані сезонних мінімальних і максимальних витрат р. Стир з'являються з даними індексів NDWI (рис. 3), де відмічені ділянки з більшою водністю, які зафарбовані в синій колір.

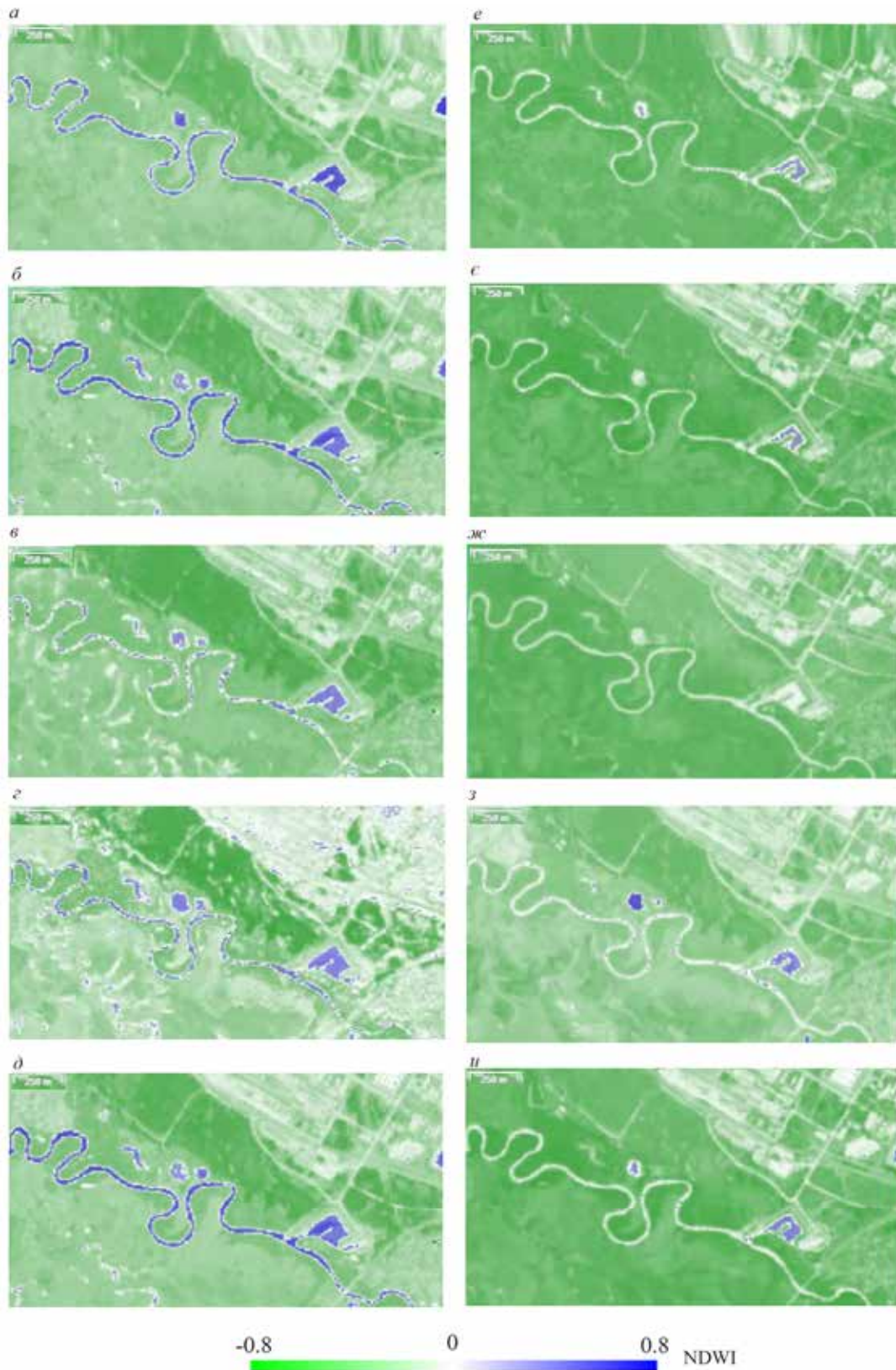


Рис. 3. Значення індексів NDWI ділянки р. Стир у зоні водокористування РАЕС 2018–2022 рр. (а – д – у період найбільших витрат води весною; е – и – у період найменших витрат води літом і осінню)

Так, у 2019 та 2020 рр., у теплий період року спостерігаються мінімальні витрати (до $10 \text{ м}^3/\text{с}$), що можуть бути ідентифіковані як періоди маловоддя. Гідрологічний режим р. Стир характеризується чітко вираженим типом весняного паводка (рис. 2, 3) та низькою літньою меженню, що зумовлює складність руслоформувальних процесів на ділянці водозабору.

Русловий водний потік, що утворюється перед водозабором РАЕС, має згин (меандр) у бік лівого берега (рис. 4-а), водночас виникає поперечна циркуляція з відхиленням придонного струменя річки, що може створювати наноси відкладень [15]. Нижче водозабору РАЕС русло р. Стир має невелику ділянку, що переходить у згин наліво (рис. 3). На згинах русла р. Стир на ділянках водозабору РАЕС лівий берег є увігнутим, отже, таким, що вимивається водним потоком, а правий берег, що має згін, має схильність до нанесення потоками мулу.

Замерзання річки починається зазвичай у грудні, скресання відбувається на початку березня (рис. 4-б). Фактичні значення температури води р. Стир під час спостережень на гідрологічному посту РАЕС змінювались у діапазоні від $0,3$ до $24,6 \text{ }^\circ\text{C}$, за середніх показників $12,6 \pm 8,7 \text{ }^\circ\text{C}$ і $\text{CV} = 77,12\%$. На контрольованих ділянках до водозабору та після водного скиду РАЕС спостерігається підвищення температури води р. Стир унаслідок скиду підігрітих вод РАЕС. Зміна температури води р. Стир у районі впливу водного скиду РАЕС відображає сезонне підвищення температури в літній період і зниження в зимовий період року, температурний ефект скиду зворотних вод РАЕС не перевищує ліміти за умовами дозволу [14].

Наявна водозабірною споруда РАЕС (рис. 4-в) є водоприймаючим ковшем, завширшки 13 м , дно каналу перебуває на рівні середньої відмітки дна р. Стир та спрямовано під кутом 140° до течії [15]. Витрата забору води для потреб РАЕС, за умовами дозволу [14], не повинна перевищувати $2,79 \text{ м}^3/\text{с}$. Фактичні витрати за 2018–2022 рр. змінювались у діапазоні від $0,8$ до $2,4 \text{ м}^3/\text{с}$ за середніх значень $1,48 \pm 0,51 \text{ м}^3/\text{с}$ та $\text{CV} = 27,92\%$. Продувка оборотної системи охолодження й інші води із промайданчика енергоблоків РАЕС збираються системою промислово-зливової каналізації та скидаються в річку через один випуск, який розташований на 30 м нижче водозабору за течією. Скид зворотної води РАЕС у р. Стир, за умовами дозволу [14], не повинен перевищувати $0,7 \text{ м}^3/\text{с}$. Фактичні витрати за 2018–2022 рр. змінювались у діапазоні від $0,15$ до $0,47 \text{ м}^3/\text{с}$, за середніх значень $0,31 \pm 0,22 \text{ м}^3/\text{с}$ та $\text{CV} = 45,63\%$. Відведення тепла в оборотній системі охолодження призводить до випаровування та вимагає постійного додавання підживлювальної води [12].

Відомо, що для оборотних систем охолодження величини водозабору (MU) та скиду води (BD) залежать від потужності електростанції та температури довкілля [9]. Збільшення витрат MU і BD спостерігається в теплу пору року, що пов'язано з підвищенням температури навколишнього середовища, отже, більшим випаровуванням води із системи охолодження.

Кореляція між значеннями температури води р. Стир до водозабору (T_1) та після скиду (T_2) виявилась позитивною значущою ($p < 0,0001$) на рівні дуже сильної ($r = 0,9934$; $R\text{-sq} = 0,9869$) (табл. 1).

Витрати води р. Стир (D) не мають тісного значу-

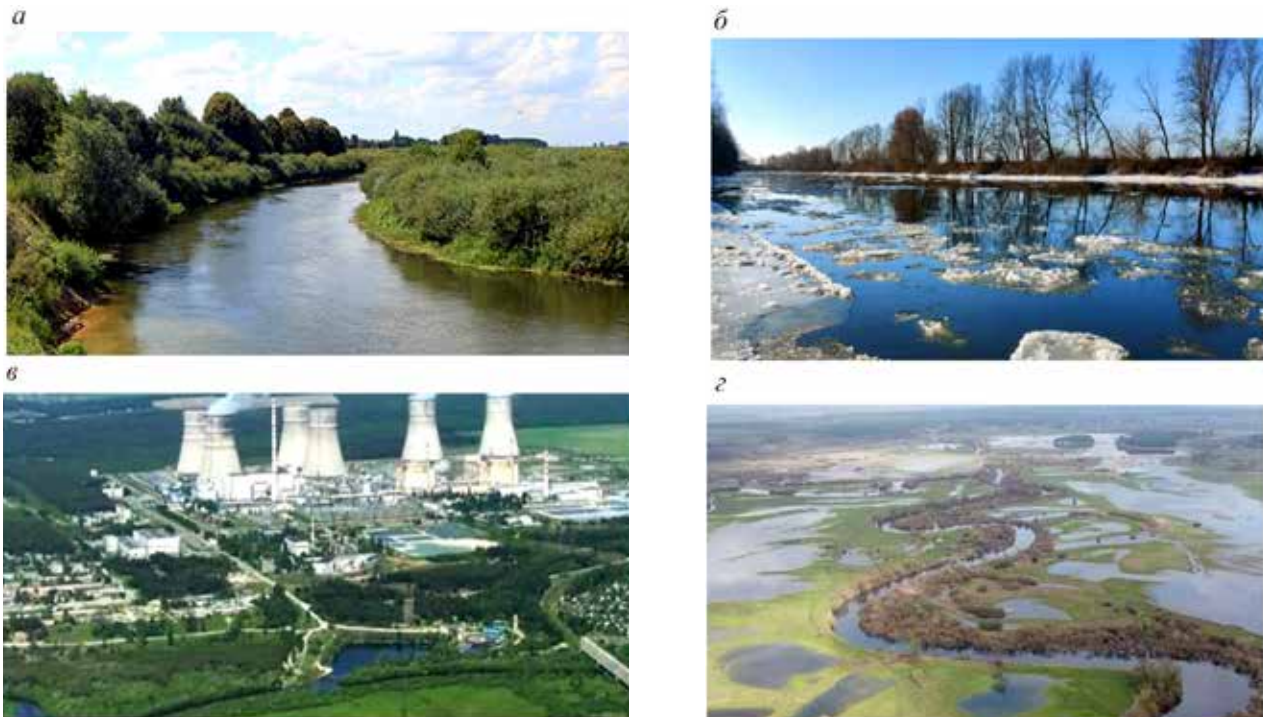


Рис. 4. Фото р. Стир (а – берега річки перед водозабором; б – скресання у весняний період; в – район водозабору; г – весняна повінь)

**Статистичні характеристики кореляційних залежностей гідрологічного та температурного режимів
р. Стир у зоні водокористування РАЕС**

Показник	T1	T2	D	MU
r				
T1	1,0000	–	–	–
T2	0,9934	1,0000	–	–
D	–0,2616	–0,2433	1,0000	–
MU	0,8731	0,8657	–0,3154	1,0000
BD	0,8524	0,8327	–0,3125	0,8569
p				
T1	<0,0001	–	–	–
T2	<0,0001	<0,0001	–	–
D	0,0434	0,0609	<0,0001	–
MU	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
BD	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
R-sq				
T1	1,0000	–	–	–
T2	0,9869	1,0000	–	–
D	0,0685	0,0592	1,0000	–
MU	0,7623	0,7494	0,0995	1,0000
BD	0,7267	0,6934	0,0976	0,7342

щого кореляційного зв'язку з температурою. Однак від температури води р. Стир залежать режими забору та скиду води РАЕС, про що свідчить позитивна значуща ($p < 0,0001$) на рівні сильної ($r = 0,7–0,9$) кореляція між витратами забору, скидом води РАЕС та температурою води р. Стир. Така ситуація пояснюється тим, що режими забору та скиду води залежать від потужності електростанції [8], вологості та температури довкілля [17].

Динаміка змін гідрологічного режиму р. Стир за величини зміни (G), що розрахована з використанням підходу RVA, наведена в табл. 2, 3.

Загалом величини змін гідрологічного режиму за середньорічною витратою (Qa) та середньорічною мінімальною витратою (Qal) у 2019–2022 рр. характеризуються як низькі.

Помірні за величиною середньорічні максимальні витрати (Qdl) спостерігаються у 2019 та 2020 рр. (табл. 2), що можуть бути ідентифіковані як паводки. Для р. Стир максимальний стік формується від талих вод у березні, що пояснює збільшення витрат води р.

Стир (рис. 1), через що в березні величина Qm становить $-32,4\%$ (табл. 3) та наближається до границі значень RVA, що визначає зміни гідрологічного режиму як помірні.

Характерною фазою гідрологічного режиму р. Стир є весняна повінь (рис. 4-г), яка щорічно формується навесні в результаті сніготанення та випадання дощів [11]. У серпні спостерігається значне зниження витрат, що можуть бути ідентифіковані як періоди маловоддя. Величина Qm у цей період становить $-31,3\%$ (табл. 3) та наближається до граничного діапазону за градацією RVA, що визначає зміни як помірні.

Висновки. У дослідженні виявлені закономірності змін і проведений аналіз гідрологічного та температурного режимів р. Стир у зоні водокористування РАЕС. Установлено, що витрати води мають сезонну динаміку змін, виявлені закономірності та проведений аналіз динаміки водокористування РАЕС. Збільшення витрат водозабору та скиду РАЕС спостерігається в теплий період року, що пов'язано з підвищенням температури навколишнього середовища і, відповідно, більшим випаро-

Таблиця 2

Результати розрахунку величин змін гідрологічного режиму G (Qa), G (Qal), G (Qdl) для р. Стир

Показник	Гідрологічні показники			Величини змін гідрологічного режиму		
	Рік	Qa, м ³	Qal, м ³	Qdl, м ³	G (Qa), %	G (Qal), %
2018 р.	804 168 000	504 576 000	1 829 088 000	–	–	–
2019 р.	834 470 000	426 666 555	1 586 768 000	–3,7	–22,9	–43,7
2020 р.	748 980 000	346 896 000	1 103 760 000	10,2	8,3	46,1
2021 р.	870 393 600	378 432 000	2 049 840 000	–16,2	25,0	–12,07
2022 р.	963 740 160	409 968 000	1 797 552 000	–10,7	31,5	9,5

Результати розрахунку величин змін гідрологічного режиму G (Qd), G (Qм) для р. Стир

Показник	Гідрологічні показники		Величини змін гідрологічного режиму	
	Qd, м ³	Qм, м ³	G (Qd), %	G (Qм), %
січень	3 006 720	93 208 320	–	–
лютий	3 144 960	88 058 880	–4,5	5,5
березень	3 818 880	118 385 280	–21,4	–32,4
квітень	3 732 480	115 706 880	2,2	2,2
травень	3 386 880	101 606 400	9,2	12,1
червень	2 557 440	79 280 640	24,4	21,9
липень	1 823 666	56 922 456	28,6	28,2
серпень	1 365 866	39 104 640	25,1	–31,3
вересень	1 503 360	45 100 800	–10,0	–15,3
жовтень	1 845 602	56 258 555	–22,7	–24,7
листопад	2 108 160	63 244 800	–14,2	–12,4
грудень	2 298 240	71 245 440	–9,0	–12,6

вуванням води із системи охолодження. Виявлені позитивна значуща ($p < 0,0001$) на рівні сильної ($r = 0,7–0,9$) кореляція режиму забору та скиду води РАЕС від температури води р. Стир і позитивна на рівні дуже сильної ($r = 0,9934$) кореляція температури води р. Стир до водозабору та після скиду РАЕС. Оцінка змін гідрологічного режиму з використанням підходу RVA здебіль-

шого визначає низькі ($G = 0–33\%$) зміни гідрологічного режиму р. Стир. Помірні зміни гідрологічного режиму ($G = 33–67\%$) зафіксовані одноразово для середньорічних максимальних витрат у 2019 та 2020 рр. та можуть бути пов'язані із природними чинниками. Загалом результати дослідження свідчать про відсутність впливу водокористування РАЕС на гідрологічні показники р. Стир.

Література:

1. European Parliament. Council of the European Union European Commission Council. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. Off. J. Eur. Communities. 2000. L327, 1–72.
2. Інформація Державного агентства водних ресурсів України. URL: <https://davr.gov.ua/> (дата звернення: 09.01.2024).
3. European Environment Agency. European Waters – Assessment of Status and Pressures 2018. № 7/2018 ; Publications Office of the European Union. Luxembourg, 2018. ISBN 978-92-9213-947-6.
4. European Commission. WFD Reporting Guidance 2022. Final Draft v 6.2 ; European Commission. Helsinki, Finland, 2023. URL: https://cdr.eionet.europa.eu/help/WFD/WFD_715_2022/Guidance%20documents/WFD%20Descriptive%20Reporting%20Guidance.pdf (дата звернення: 09.01.2024).
5. Hydrological Regime Alteration Assessment in the Context of WFD 2000/60: A European and Global Review / A. Mentzafou et al. *Sustainability*. 2023. № 15. 15704 p. <https://doi.org/10.3390/su152215704>.
6. How much water does a river need? / B. Richter et al. *Freshwater Biology*. 1997. № 37. P. 231–249. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x>.
7. ESA. URL: <https://www.esa.int/> (дата звернення: 09.01.2024).
8. Mcfeeters S. K. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens*. 1996. № 17. P. 1425–1432.
9. Kuznietsov P., Biedunkova O. Study of Changes in Acid-Alkaline Balance of Cooling Water Circulating System of Power Plants during Water Treatment by Liming According to Stabilization Treatment Method. *4th International Scientific Conference Chemical Technology and Engineering: Proceedings, June 26–29th. 2023*. Lviv, Ukraine. P. 239–241. <https://doi.org/10.23939/cte2023.239>.
10. Kuznetsov P.N., Tichomirov A.U. Water-chemistry operating condition of the second circuit power units № № 1–4 Rivne NPP with ethanolamines corrective treatment. *Probl. At. Sci. Technol*. 2017. № 2–108. P. 109–113.
11. Report on activity 1. Analysis of water regime, occurrence of floods and their consequences in the basin of the river Styr. “Monitoring and forecasting of floods in the Pripjat basin”. Nauka radi mira I bezopasnosti. Proekt NATO 983516. URL: https://uhmi.org.ua/project/nato/FINAL_REPORT_Activity_1.doc (дата звернення: 09.01.2024).
12. Бедункова О.О., Кузнецов П.М. Формування карбонатної системи оборотної охолоджуючої води атомної електростанції та вплив на рН поверхневих вод при зворотних скидах. *Екологічні науки*. 2023. Т. 3. № 48. С. 163–168. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.26>.

13. Кузнецов П.М., Бедункова О.О. Порівняльний гідробіологічний моніторинг вод систем технічного водопостачання атомних електростанцій. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2022. Т. 2. № 12. С. 180–190. <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.13>.
14. Дозвіл на спецводокористування ПС Рівненської АЕС № 53/ПВ/49д-20 2020. URL: <https://e-services.davr.gov.ua> (дата звернення: 09.01.2024).
15. Звіт за темою «Гідрравлічні дослідження водозабору Рівненської АЕС на р. Стир». Київ, 1994. 47 с.
16. Бедункова О.О., Кузнецов П.М. Факторний аналіз динаміки азотних речовин води річки Стир у зоні впливу Рівненської АЕС. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2023. Т. 1. № 101. С. 3–17. <https://doi.org/10.31713/vs120231>.
17. Bussi G., Whitehead P.G. Impacts of droughts on low flows and water quality near power stations. *Hydrological Sciences Journal*. 2020. № 65: 6. P. 898–913. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1724295>.
18. Бедункова О.О., Кузнецов П. М. Методологія застосування корекційної обробки біоцидами систем технічного водопостачання електростанцій. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2023. Т. 2. № 102. С. 3–15. <https://doi.org/10.31713/vs220231>.

References:

1. European Parliament. Council of the European Union European Commission Council. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy. Off. J. Eur. Communities 2000, L327, 1–72 [in English].
2. Informatsiia Derzhavne ahentstvo vodnykh resursiv Ukrainy [Information State Agency of Water Resources of Ukraine] [online]. URL: <https://davr.gov.ua/rg> [Accessed: 09.01.2024] [in Ukrainian].
3. European Environment Agency. European Waters – Assessment of Status and Pressures 2018. № 7/2018; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2018; ISBN 978-92-9213-947-6 [in English].
4. European Commission. WFD Reporting Guidance 2022. Final Draft v 6.2; European Commission: Helsinki, Finland, 2023 [online]. URL: https://cdr.eionet.europa.eu/help/WFD/WFD_715_2022/Guidance%20documents/WFD%20Descriptive%20Reporting%20Guidance.pdf [Accessed: 09.01.2024] [in English].
5. Mentzafou, A., Katsafados, P., Papadopoulos, A., Dimitriou, E. (2023). Hydrological Regime Alteration Assessment in the Context of WFD 2000/60: A European and Global Review. *Sustainability*, Volume 15, Issue 15704. <https://doi.org/10.3390/su152215704> [in English].
6. Richter, B., Baumgartner, J., Wigington, R., Braun, D. How much water does a river need? (1997) *Freshwater Biology*, 37, p. 231–249. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2427.1997.00153.x> [in English].
7. ESA [online]. URL: <https://www.esa.int/> [Accessed: 09.01.2024] [in English].
8. Mcfeeters, S.K. (1996). The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *Int. J. Remote Sens.* Volume 17, P. 1425–1432 [in English].
9. Kuznietsov, P., Biedunkova, O. Study of Changes in Acid-Alkaline Balance of Cooling Water Circulating System of Power Plants during Water Treatment by Liming According to Stabilization Treatment Method, 4th International Scientific Conference Chemical Technology and Engineering: Proceedings – June 26–29th, 2023, Lviv, Ukraine, P. 239–241. <https://doi.org/10.23939/cte2023.239> [in English].
10. Kuznetsov, P.N., Tichomirov, A.U. (2017). Water-chemistry operating condition of the second circuit power units № 1–4 Rivne NPP with ethanolamines corrective treatment. *Probl. At. Sci. Technol.*, Volume 2, Issue 108, P. 109–113 [in English].
11. Report on activity 1. Analysis of water regime, occurrence of floods and their consequences in the basin of the river Styr. “Monitoring and forecasting of floods in the Pripjat basin”. Nauka radi mira I bezopasnosti. Proekt NATO 983516. URL: https://uhmi.org.ua/project/nato/FINAL_REPORT_Activity_1.doc [Accessed: 09.01.2024] [in English].
12. Biedunkova, O.O., Kuznietsov, P.M. (2023). Formuvannia karbonatnoi systemy oborotnoi okhlozdzhuiuchoi vody atomnoi elektrostantsii ta vplyv na poverkhnevyykhnevyy vodu pry zvorotnykh skydakh [The formation of the carbonate system of the circulating cooling water of the nuclear power plant and the effect on the pH of surface waters during return discharges]. *Ecological Sciences*, Volume 3, Issue 48, P. 163–168. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.26> [in Ukrainian].
13. Kuznietsov, P.M., Biedunkova, O.O. (2022). Porivnialnyi hidrobiolohichniy monitorynh vod system tekhnichnoho vodopostachannia atomnykh elektrostantsii [Comparative hydrobiological monitoring of waters of technical water supply systems of nuclear power plants]. *Water bioresources and aquaculture*, Volume 2, Issue 12, P. 180–190. <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.13> [in Ukrainian].
14. Dozvil na spetsvodokorystuvannia PS Rivnenskoj AES [Special water use permit of Rivne NPP substation] № 53/ПВ/49д-20 2020. URL: <https://e-services.davr.gov.ua> [Accessed: 09.01.2024] [in Ukrainian].
15. Zvit za temiui “Hidravliachni doslidzhennia vodozaboru Rivnenskoj AES na r. Styr” [Report on the topic “Hydraulic studies of the Rivne NPP water intake on the Styr River”], Kyiv, 1994, 47 p.
16. Biedunkova, O.O., Kuznietsov, P.M. (2023). Faktorny analiz dynamiky azotnykh rehovyn vody richky Styr u zoni vplyvu Rivnenskoj AES [Factor analysis of the dynamics of nitrogen substances in the water of the Styr River in the area affected by the Rivne NPP]. *BNUWEE*, Volume 1, Issue 101, P. 3–17. <https://doi.org/10.31713/vs120231> [in Ukrainian].
17. Bussi, G., Whitehead, P. G. (2020). Impacts of droughts on low flows and water quality near power stations. *Hydrological Sciences Journal*. Volume 65, Issue 6, P. 898–913. <https://doi.org/10.1080/02626667.2020.1724295> [in English].
18. Biedunkova, O.O., Kuznietsov, P.M. (2023). Metodolohiia zastosuvannia korektsiinoi obrobky biotsydamy system tekhnichnoho vodopostachannia elektrostantsii [Methodology of application of corrective treatment with biocides of technical water supply systems of power plants]. *BNUWEE*. Volume 2, Issue 102, P. 3–15. <https://doi.org/10.31713/vs220231> [in Ukrainian].