

УДК 574.52

DOI <https://doi.org/10.32782/wba.2024.2.8>

ОЦІНКА ЗБИТКІВ ІХТІОФАУНИ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА ЗАПОРІЗЬКОЇ АЕС

Маренков О. М. – к.б.н., доцент,
Нестеренко О. С. – доктор філософії,
Боровик І. І. – доктор філософії,

*Науково-дослідна лабораторія гідробіології, іхтіології та радіобіології
Науково-дослідного інституту біології
Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара,
vanbor17@gmail.com*

У статті представлено результати досліджень динаміки меліоративних виловів та структури іхтіоценозу водойми-охолоджувача (ВО) Запорізької атомної електростанції (ЗАЕС). Представлено коротку характеристику ВО ЗАЕС. Наведено дані щодо потенційних збитків, які виникають унаслідок втрати видів риб через порушення гідрологічного режиму під час військової окупації станції, зміни умов експлуатації електростанції. Іхтіологічні дослідження проводили за методиками Арсана, Озінковської та Мовчана. Розрахунок збитків проводили за методикою розрахунку збитків Мінагрополітики та Міндовкілля.

У водоймі-охолоджувачі наразі нараховується 16 видів риб. З них за трофічним співвідношенням бентофаги складають – 37,5 %, хижі види – 31,3 %, планктофаги – 18,8 %, та фітофаги – 12,5 %. Наразі фіксується загибель теплолюбних видів риб (тиляія мозамбіцька, каналний, американський та червонохвостий сом). Встановлено що загальна сума збитків, заподіяних рибному господарству внаслідок загибелі риби складає 152,898 млн. грн. Зменшення чисельності видів-біомеліораторів та повна їх втрата (теплолюбних видів) загрожує розвитком наявних біологічних перешкод та появою нових, які у свою чергу можуть призводити до аварійних ситуацій.

У зв'язку із окупацією міста Енергодару і відсутністю можливості проведення повноцінних гідроекологічних досліджень на теперішній час рекомендується використовувати «Технологічне обґрунтування застосування біологічного методу зниження кількості фітопланктону та моллюсків у гідротехнічній системі ЗАЕС...», яке діяло до 2022 року (розроблене фахівцями Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара), для забезпечення біомеліорації та боротьби з біоперешкодами у техноекосистемі ЗАЕС.

Ключові слова: іхтіофауна, водойма-охолоджувач, гідроекологія, збитки, Запорізька АЕС, біоперешкоди, фітоперифітон.

Постановка проблеми. Безперервна циркуляція води у системі охолодження та технічного водопостачання має фундаментальне значення для функціонування АЕС. Для цього у реакторних системах ВВЕР-1000 використовують технічні водопостачальні споруди [1–2]. До них відносяться

бризкальні басейни, градирні і ставки або водойми-охолоджувачі. В останніх у процесі експлуатації неминуче постає питання накопичення біомаси фітопланктону, вищої водної рослинності, бентосних видів молюсків, що у свою чергу значно впливає на якість води, та знижує здатність до охолодження. Такі проблеми можуть ускладнювати роботу техноекосистем і згодом викликати аварійні ситуації. Біомеліоративні заходи з зариблення аборигенними видами і видами-вселенцями спрямовуються на вирішення цих проблем, але і вони без відповідного, збалансованого регулювання можуть нанести шкоду водоймі-охолоджувачу шляхом біогенного замулювання.

На сьогодні моніторинг стану водойми-охолоджувача неможливий через окупацію. Дії військ країни-окупанта спричинили також ряд екологічних катастроф, які призвели до повної втрати популяцій теплолюбних видів у водоймі-охолоджувачі Запорізької АЕС.

Аналіз останніх публікацій. Водойми-охолоджувачі енергетичних об'єктів являють собою унікальні об'єкти для фундаментальних гідробіологічних досліджень. Вони є не тільки технічними водними об'єктами спеціального призначення, але і елементами ландшафтних комплексів того чи іншого регіону. Тому їх екологічний стан або екологічний потенціал згідно Водної Рамкової Директиви ЄС має бути суттєво не гіршим, ніж у водоймах на прилеглих територіях [3–5]

Водойма-охолоджувач (ВО) – один із головних елементів системи охолодження та технічного водопостачання атомної електростанції. ВО Запорізької АЕС уведена в експлуатацію в 1984 р. разом із запуском першого енергоблоку. Утворена шляхом виокремлення частини Каховського водосховища намивною піщаною греблею, і має наступні параметри: площа дзеркала за нормального підпірного рівня (НПР) – 8,2 км², об'єм за НПР – 47,05 млн м³, середня глибина за НПР – 5,87 м, максимальна глибина за НПР – 16,5 м, довжина берегової лінії – 11,2 км [5].

Основні призначення водойми-охолоджувача:

- 1) охолодження нагрітої циркуляційної води шляхом теплообміну з атмосферою за площею водного дзеркала;
- 2) підтримка проектного рівня у циркуляційній системі технічного водопостачання;
- 3) підтримка необхідної якості циркуляційної води.

Водойма-охолоджувач є технічною водоймою і не призначена для рибогосподарської діяльності як такої, але вирощування риби, зариблення та вилов риби на акваторії водойми-охолоджувача ведеться з метою біомеліорації. Оскільки техноекосистеми часто стикаються із біоперешкодами, які можуть призводити до аварійних ситуацій різного ступеня [5–6]. Особливо це стосується підприємств атомної енергетики, що мають складну систему охолодження та водовідведення, і перешкоди в роботі не можуть бути досить

швидко усунути. Тому доцільно вирощувати види, які поїдатимуть біомасу водоростей, перифітону тощо, які і створюють біоперешкоди [7].

Постановка завдання. Руйнація Каховської ГЕС призвела до стрімкого зниження рівня води у Каховському водосховищі, що вплинуло і на водойму-охолоджувач ЗАЕС. За інформацією прес-центру Енергоатома від 31 жовтня 2022 року [8] внаслідок зупинки енергоблоків ЗАЕС припинився нагрів води у водоймі-охолоджувачі, що призвело до зниження температури води до позначки +13 °С. Це призвело до масової загибелі риби у ВО. в тому числі до втрати унікальної популяції мозамбіцької тилипії. Виходячи з цього метою нашої роботи було провести аналіз складу іхтіофауни систем охолодження та системи технічного водопостачання Запорізької АЕС, а саме водойми-охолоджувача, та оцінити збитки, заподіяні внаслідок порушення режиму експлуатації ЗАЕС в період окупації.

– проаналізувати звітні матеріали Запорізької АЕС та власних досліджень щодо структури іхтіоценозу, обсягів вилову та зариблення водойми-охолоджувача;

– розрахувати збитки, у контексті втрати біомеліоративних ресурсів важливого стратегічного об'єкту.

Матеріали та методи. Іхтіологічний матеріал збирали з контрольних знарядь лову набором ставних сіток з кроком вічка $a=30-110$ мм влітку 2021 року під час експедицій на ВО ЗАЕС. Крім того, використовували звітні матеріали ЗАЕС. Збір та обробку іхтіологічного матеріалу проводили із використанням загальноприйнятих класичних методик [9–11].

Для розрахунків збитків, нанесених рибним ресурсам ВО ЗАЕС, використовували методику розрахунку збитків Мінагрополітики та Міндовкілля [12].

Загальні збитки, заподіяні рибним ресурсам внаслідок загибелі риби та інших водних біоресурсів, складаються з прямих збитків і збитків від втрати потомства (непрямих збитків).

Прямі збитки розраховували за формулою (1):

$$N_1 = Z * n * p \quad (1),$$

де, N_1 – розмір збитків, заподіяних загибеллю особин або їх незаконним вилученням з водного середовища (тис. грн.); Z – вартість продукції, виготовленої з 1 кг сировини, за діючими роздрібними ринковими цінами регіону на момент проведення розрахунку збитків (грн.); N – кількість загиблих або незаконно добутих з водойми статевозрілих особин (шт.); P – середня маса статевозрілої особини (кг) [12].

Для розрахунку непрямих збитків використовували наступну формулу (2):

$$N_2 = \frac{n * Q * k * p * r * c}{10000} * Z \quad (2),$$

де, N_2 – розмір збитків, заподіяних втратою потомства (тис. грн.); n – кількість загиблих або незаконно добутих статевозрілих особин (шт.); Q – середня плодючість ікринок, личинок (шт.); k – коефіцієнт промислового повернення від ікри (личинок) (у відсотках); p – середня маса статевозрілої особини (кг); r – відносна частина (або доля) самок у стаді (у відсотках); s – кратність нересту (раз); Z – вартість продукції, виготовленої з 1 кг сировини, за діючими роздрібними ринковими цінами регіону на момент проведення розрахунку збитків (грн.) [12].

Статистичні розрахунки проводили з використанням пакету прикладних програм Microsoft Excel 2021.

Результати досліджень. Іхтіоценоз водойми-охолоджувача ЗАЕС представлений штучно сформованим біоценозом, який включає в себе представників різних трофічних видів: фітофаги, бентофаги, планктофаги, хижакі. Основною метою створення такої екосистеми є біомеліорація системи охолодження та технічного водопостачання ЗАЕС.

У сучасному складі іхтіофауни водойми-охолоджувача зареєстровано 16 видів риб. Із аборигенних видів, які певною мірою адаптувалися до умов технічної водойми, наявні карась сріблястий *Carassius gibelio* (Bloch, 1752), плітка *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), краснопірка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758), лящ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) тощо. Із видів, яких інтродукують задля забезпечення біомеліорації наявні білий товстолобик *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes, 1844), білий амур *Stenopharyngodon idella* (Valenciennes, 1844), чорний амур *Mylopharyngodon piceus* (Richardson, 1846), тиліяпія мозамбікська *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852), каналний сом *Ictalurus punctatus* (Rafinesque, 1818), американський сом *Ameiurus nebulosus* (Lesueur, 1819), червонохвостий сом *Phractocephalus hemiliopterus* (Bloch & Schneider, 1801). Також зустрічаються інвазійні види: амурський чебачок *Pseudorasbora parva* (Temminck & Schegel, 1846), сонячний окунь *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758). Останні можуть стрімко нарощувати свою чисельність та біомасу в нестабільних екологічних умовах технічних водойм.

У 2021 році 44 % видів риб становили представники аборигенної іхтіофауни, а 56 % представлені чужорідними видами.

За трофічним співвідношенням 37,5 % становили бентофаги, 31,3 % – хижакі, 18,8 % – планктофаги, 12,5 % – фітофаги (рисунок 1).

За аналізом вилову крупновічковими сітками ($a \geq 70$ мм) встановлено, що 62,6–75,4 % видів припадало на карася сріблястого, тиліяпію, коропа *Syrpinus carpio* (Linnaeus, 1758) та білого товстолобика. У досліджений період іхтіоценоз в основному складався із представників, що забезпечують біомеліорацію – фітопланкто-, зоопланкто-, бенто- та еврифаги, а також рослиноїдні риби. Найбільше в умовах переважали бен-

тофаги (за видовим складом – 35,6 %), представлені коропом і карасем. Дещо менший відсоток планктофагів (білий товстолобик) за чисельністю – 32,5 %, однак, за біомасою – 64,6 %.

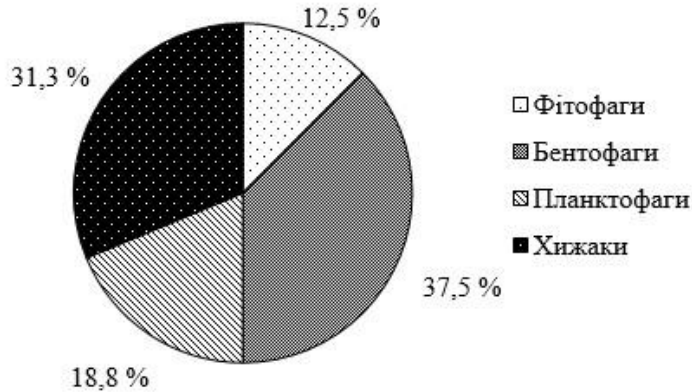


Рис. 1. Відсоткове співвідношення трофічних груп риби водойми-охолоджувача ЗАЕС

Меліоративний лов риби протягом 2010–2020 рр. базувався на наступних видах: білий товстолобик, тиляпія та каналний сом (таблиця 1).

Таблиця 1. Обсяги меліоративного вилову водних біоресурсів за 2010–2020 рр.

Вид \ Рік	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Білий товстолобик, кг	2830	2600	2730	2805	770	733	1565	1414	1618,6	1092,2	3889,25
Канальний сом, кг	250	340	0	601	641	298	372	25	10	10	10
Тиляпія, кг	706	646	1063	1143	1078	573	560	140	141,6	73,8	70,5
Всього:	3786	3586	3793	4549	2489	1604	2497	1579	1770,2	1176	3969,75

Меліоративний промисел білого товстолобика базувався на особинах 7–9 кг маси. Аналіз меліоративного вилову білого товстолобика за останні 10 років указує на значне зниження його вилучення у 2014–2016 роках, яке знаходилось в межах від 770 кг до 1565 кг. Варто зазначити, що вилов старшовікових особин білого товстолобика – це одна із головних умов вдалої утилізації органічної речовини, яка створюється фітопланктоном [7]. Якщо не вилучати старшовікових особин виду – вони загинуть та вивільнять акумульовані біогенні елементи знову до водойми, що сприятиме повторному розвитку водоростей.

Тиляпія виступає споживачем біомаси нитчастих водоростей та запобігає їх масовому обростанню на гідротехнічних спорудах. В умовах ВО ЗАЕС вид акліматизувався та утворив самовідтворювальну популяцію, особини якої розмножуються протягом усього року (якщо температура води взимку не опускається нижче +18 °С. Середньорічний багаторічний показник вилову тиляпії з водойми-охолоджувача ЗАЕС становить 376,7 кг/рік. Виходячи зі спектру живлення тиляпії можна розглядати як ефективного біомеліоратора, однак вона є конкурентом білому амуру.

За результатами іхтіологічних досліджень було розраховано запас водних біоресурсів водойми-охолоджувача ЗАЕС на 2021 рік (таблиця 2).

Таблиця 2. Оцінка запасів водних біоресурсів, 2021 р.

Види риб	Обсяг, т
Білий товстолобик <i>H.molitrix</i> (Valenciennes, 1844)	279,99
Білий амур <i>C.idella</i> (Valenciennes, 1844)	73,96
Карась сріблястий <i>C.gibbelio</i> (Bloch, 1752)	25,65
Короп <i>C. carpio</i> (Linnaeus, 1758)	54,63
Тиляпія мозамбіцька <i>O.mossambicus</i> (Peters,1852)	145,05
Плітка <i>R. rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	0,29
Судак звичайний <i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	0,60
Канальний <i>Ictalurus punctatus</i> (Rafinesque, 1818), американський <i>Ameiurus nebulosus</i> (Lesueur, 1819) та червонохвостий <i>Phractocephalus hemiolioperus</i> (Bloch & Schneider, 1801) соми	1,84
Всього	581,99
Біопродуктивність, кг/га	709,75

З метою біомеліорації близько 30 років тому водойму-охолоджувач було зариблено теплолюбними видами риб, а саме мозамбіцькою тиляпією (еврифаг), каналним сомом та американським сомом. Риби поїдають продукцію фітопланктону, фітоперифітону та фітобентосу, тим самим забезпечуючи чистоту гідротехнічних споруд, особливо першого контуру охолодження. Через руйнацію Каховської ГЕС, зниження рівня води та припинення діяльності ЗАЕС екосистему ВО зазнала катастрофічних наслідків. Нами було розраховані величини збитків, що виникли у результаті загибелі іхтіоценозу.

Загальні збитки, заподіяні рибного господарству внаслідок загибелі риби та інших водних біоресурсів наведені в таблиці 3. Вони складаються з прямих і непрямих (від втрати потомства) збитків.

Наразі порушення гідрологічного режиму водойми-охолоджувача ЗАЕС призвело до втрати теплолюбних інтродукованих видів риб таких, як тиляпія мозамбіцька та каналний, американський і червонохвостий соми.

Таблиця 3. Збитки у разі втрати іхтіологічного складу
водойми-охолоджувача Запорізької АЕС

Вид риб	Вартість продукції (серпень 2023), грн/кг	Прямі збитки, тис. грн	Непрямі збитки, тис. грн	Загальні збитки, тис. грн
	(Z)	(N ₁)	(N ₂)	(N)
Білий товстолобик*	80	22 399,20	0	22 399,20
Білий амур*	90	6 656,40	0	6 656,40
Карась сріблястий	40	1 026,00	9 849,60	1 035,85
Короп	80	4 370,40	65 556,00	4 435,95
Судак	140	84,00	577,50	84,58
Канальний, американський та червонохвостий соми*	90	184,00	4 066,40	188,07
Тіляпія мозамбіцька	200	29 010,00	8 911,87	29 018,91
Плітка	70	20,30	186,76	20,49
Всього:		63 750,30	89 148,13	152 898,43

Примітка: * – вид у умовах водойми самостійно не відтворювався.

Загалом, за усіма втраченими видами іхтіоценозу встановлено, що загальна сума збитків складає 152,898 млн грн., з них прямих збитків – 63,750 млн грн., та непрямих збитків – 89,148 млн грн.

Також слід зазначити, що втрата видів-меліораторів призвела до погіршення стану системи охолодження ЗАЕС, що є критично важливою у штатному функціонуванні самої електростанції, та додаткових потенційних збитків, пов'язаних з її ремонтом.

Результати проведених досліджень свідчать про суттєві екологічні наслідки порушення температурного та гідрологічного режиму водойми-охолоджувача Запорізької АЕС через зупинку роботи енергоблоків. Особливу увагу приділено втратам, пов'язаним із загибеллю теплолюбних риб-біомеліораторів, зокрема мозамбіцької тіляпії, яка утворювала самовідтворювальну популяцію та була ключовим елементом у системі біомеліорації водойми.

Основною метою штучного створення та підтримки іхтіоценозу у водоймі-охолоджувачі було використання риб для контролю за розвитком фітопланктону, фітоперифітону та інших організмів, які можуть впливати на функціонування гідротехнічних споруд. Такі види, як білий товстолобик, білий амур і тіляпія, є ефективними біомеліораторами, оскільки вони активно споживають біомасу фітопланктону та перифітону, запобігаючи надмірному розвитку цих організмів, що могло б призвести до обростання технічного обладнання. Втрата теплолюбних видів через зниження температури води нижче +13°C не лише призвела до порушення балансу екосистеми, але й сприяла потенційним техніч-

ним ускладненням у системах охолодження. Втрата видів-біомеліораторів сприяє відновленню та активному зростанню біомаси водоростей та інших гідробіонтів, що може призвести до збільшення кількості біоперешкод та виникнення аварійних ситуацій.

Підрахунок збитків заподіяних екосистемі ВО ЗАЕС внаслідок загибелі риб є важливим для економічної оцінки впливу війни на водні екосистеми країни. Особливо критичною є втрата таких видів риб біомеліораторів, як: тиляпія, білий товстолобик і амур, – що також матиме довгостроковий вплив на погіршення гідроекологічного стану водойми, що може потребувати додаткових витрат на відновлення та стабілізацію екосистеми ВО ЗАЕС. Також загибель риб-біомеліораторів може сприяти накопиченню органічної речовини у водоймі, що призведе до вторинної евтрофікації водойми і розвитку водоростей (фітопланктону та фітоперефітону).

Для запобігання подальшим екологічним та економічним втратам доцільно відновити програми біомеліорації ВО ЗАЕС, зокрема шляхом повторного зариблення водойми видами, що забезпечують контроль над розвитком водоростей та інших біоперешкод. Важливо розробити нові заходи для запобігання подібним ситуаціям у майбутньому, що може включати моніторинг температури і гідрологічного режимів експлуатації систем охолодження та впровадження додаткових заходів щодо підтримки стабільності екосистеми.

Висновки з дослідження та перспективи подальшого розвитку в цьому напрямі. Порушення гідрологічного режиму водойми-охолоджувача ЗАЕС призвело до втрати теплолюбних видів-інтродуцентів і основних видів-біомеліораторів. Для запобігання проблем появи біологічних перешкод, викликаних гідробіонтами необхідно дотримуватися обсягів біомеліоративного зариблення ВО ЗАЕС, рекомендованих у «Технологічному обґрунтуванні застосування біологічного методу зниження кількості фітопланктону та молюсків у гідротехнічній системі ЗАЕС та проведення біомеліоративних робіт з використанням риб-біомеліораторів на період 2018–2022 рр.», яке надано фахівцями Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара до окупації м. Енергодару. Встановлені види риб, що загинули та могли загинути у результаті припинення діяльності ЗАЕС. Ретельний розрахунок прямих і непрямих збитків від втрат іхтіоценозу дозволив отримати обґрунтовані дані, що доцільно використовувати для розробки та впровадження ефективних заходів з відновлення та збереження біорізноманіття видів риб водойми-охолоджувача ЗАЕС.

ASSESSMENT OF DAMAGE TO ICHTHYOFAUNA OF THE ZAPORIZKA NPP COOLING RESERVOIR

Marenkov O. M. – PhD (Biology), Associate Professor,

Nesterenko O. S. – PhD (Biology),

Borovyk I. I. – PhD (Biology),

*Research Laboratory of Hydrobiology, Ichthyology and Radiobiology of the Research
Institute of Biology of Oles Honchar Dnipro National University,
vanbor17@gmail.com*

The article presents the results of studies of the dynamics of reclamation catches and the structure of the ichthyocenosis of the cooling reservoir (CR) of the Zaporizhzhia Nuclear Power Plant (ZNPP). A brief description of the ZNPP is presented. The data on potential damages arising from the loss of fish species due to violation of the hydrological regime during the military occupation of the station, changes in the operating conditions of the power station are given. Ichthyological studies were carried out according to the methods of Arsan, Ozinkovska and Movchan. The calculation of losses was carried out according to the method of calculation of losses of the Ministry of Agriculture and the Ministry of Environment.

There are currently 16 species of fish in CR. According to the trophic ratio, benthophages make up to 37.5 %, predatory species – 31.3 %, planktophages – 18.8 %, and phytophages – 12.5 %. Currently, the death of heat-loving fish species (mozambique tilapia, channel catfish, brown bullhead and red-tailed catfish) is recorded. It was established that the total amount of damages caused to the fishery as a result of the death of fish amounts to UAH 152.898 million. A decrease in the number of bioremediation species and their complete loss (heat-loving species) threatens the development of existing biological obstacles and the appearance of new ones, which in turn can lead to emergency situations.

Due to the occupation of the city of Enerhodar and the lack of the possibility of conducting full-fledged hydroecological studies at the present time, it is recommended to use the "Technological substantiation of the application of the biological method of reducing the number of phytoplankton and molluscs in the hydrotechnical system of the ZNPP...", which was valid until 2022 (developed by specialists of the Oles Honchar Dnipro National University), to ensure bioreclamation and combat bioobstacles in the ZNPP techno-ecosystem.

Keywords: ichthyofauna, cooling reservoir, hydroecology, damages, Zaporizka NPP, biological obstacles, phytoperiphyton.

ЛІТЕРАТУРА

1. Katona, T. J. Long-term operation of VVER power plants. Nuclear Power-Deployment, Operation and Sustainability, 2011, C. 152–196.
2. DeLeon P. Comparative technology and public policy: The development of the nuclear power reactor in six nations. Policy Sciences. 1980. T. 11. № 3. C. 285–307.
3. 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 URL: <https://web.archive.org/web/20240224231524/https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02000L0060-20141120> (дата звернення 23.10.2024).

4. Protasov A. A., Zubkova Ye. I., Silayeva A. A. Conceptual approaches to organization of hydrobiological monitoring of techno-ecosystems of thermal and nuclear power plants. *Hydrobiological Journal*, 2016, Vol. 52(2). pp. 59–70.
5. Федоненко О. В., Маренков О. М., Петровський О. О. Проблема біологічних перешкод в роботі АЕС (на прикладі експлуатації техноекосистеми Запорізької АЕС). *Ядерна та радіаційна безпека*, 2019, 2(82): 54–60.
6. Романенко, В. Д. Гідроекологічна безпека атомної енергетики в Україні. *Вісник Національної академії наук України*, 2012, 6: 41–51.
7. Yesipova, N. B., et al. Development of the regulation of hydrobiological monitoring in circulation cooling system of the Zaporizhzhia Nuclear Power Plant. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2022, 2.10: 116.
8. Офіційний ресурс новин НАЕК «Енергоатом».: веб-сайт. URL: https://t.me/energoatom_ua/10443 (дата звернення 23.10.2024).
9. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан, О. А. Давидов, Т. М. Дьяченко та ін.; За ред. В. Д. Романенка. НАН України. Ін-т гідробіології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.
10. Методика збору і обробки іхтіологічних і гідробіологічних матеріалів з метою визначення лімітів промислового вилучення риб з великих водосховищ і лиманів України / С. П. Озінковська, В. М. Єрко, Г. Д. Коханова, О. М. Тарасова, В. І. Полторацька. К., 1998. 47 с.
11. Мовчан Ю. В. Риби України: визначник-довідник Київ: Золоті ворота, 2011. 443 с.
12. Про затвердження Методики розрахунку збитків, заподіяних рибному господарству внаслідок порушень правил рибальства та охорони водних живих ресурсів: Наказ Кабінету Міністрів України від 12.07.2004 № 248/273: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1446-04#Text> (дата звернення 23.10.2024).

REFERENCES

1. Katona, T. J. (2011). Long-term operation of VVER power plants. *Nuclear Power-Deployment, Operation and Sustainability*, 152–196.
2. DeLeon P. (1980). Comparative technology and public policy: The development of the nuclear power reactor in six nations. *Policy Sciences*. Vol. 11, no. 3, 285–307.
3. 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. URL: <https://web.archive.org/web/20240224231524/>

- <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02000L0060-20141120> (data zvernennia 23.10.2024)
4. Protasov A. A., Zubkova Ye. I., Silayeva A. A. (2016). Conceptual approaches to organization of hydrobiological monitoring of techno-ecosystems of thermal and nuclear power plants. *Hydrobiological Journal*, Vol. 52(2), 59–70.
 5. Fedonenko, O., Marenkov, O., & Petrovsky, O. (2019). *Problema biologichnykh pereshkod v roboti AES (na prykladi ekspluatatsii tekhnоекosystemy Zaporizkoi AES)* [The Problem of Biological Obstacles in the Operation of Nuclear Power Plants (Illustrated by the Operation of Zaporizhzhya NPP Techno-Ecosystem)]. *Yaderna ta radiatsiina bezpeka*, 2 (82), 54–60. [in Ukrainian].
 6. Romanenko, V. D., ta in. (2012). *Hidroekologichna bezpeka atomnoi enerhetyky v Ukraini* [Hydro-ecological safety of nuclear energy in Ukraine]. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* [Visnyk of the National Academy of Sciences of Ukraine], 6, 41–51. [in Ukrainian].
 7. Yesipova, N. B., et al. (2022). Development of the regulation of hydrobiological monitoring in circulation cooling system of the Zaporizhzhia Nuclear Power Plant. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2.10: 116.
 8. Ofitsiyni resurs novyn NAEK «Enerhoatom». URL: https://t.me/energoatom_ua/10443 (data zvernennia 23.10.2024) [in Ukrainian].
 9. O. M. Arsan, O. A. Davydov, T. M. Diachenko ta in. (2006). *Metody hidroekologichnykh doslidzhen poverkhnevyykh vod* [Methods of hydroecological research of surface waters]. Za red. V. D. Romanenka. NAN Ukrainy. In-t hidrobiologii. K.: LOHOS. [in Ukrainian].
 10. S.P.Ozinkovska, V.M.Yerko, H.D.Kokhanova, O.M.Tarasova, V.I.Poltoratska (1998). *Metodyka zboru i obrobky ikhtiologichnykh i hidrobiologichnym materialiv z metoiu vyznachennia limitiv promyslovoho vyluchennia ryb z velykykh vodoskhovyshch i lymaniv Ukrainy* [Methods of collecting and processing ichthyological and hydrobiological materials for the purpose of determining the limits of industrial extraction of fish from large reservoirs and estuaries of Ukraine]. Kyiv. [in Ukrainian].
 11. Movchan Yu.V. (2011). *Ryby Ukrainy* [Fish of Ukraine]. Kyiv: Zoloti vorota. [in Ukrainian].
 12. *Pro zatverdzhennia Metodyky rozrakhunku zbytkiv, zapodiianykh rybному gospodarstvu vnaslidok porushen pravyl rybalstva ta okhorony vodnykh zhyvykh resursiv* [On the approval of the Methodology for calculating losses caused to the fishery as a result of violations of the rules of fishing and protection of aquatic living resources]: Nakaz Kab. Min. Ukrainy vid 12.07.2004 № 248/273. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1446-04#Text> (data zvernennia 23.10.2024). [in Ukrainian].