

DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-30-07>

УДК (UDC) 504.4.06(477.54)

Т. Л. РИЧАК¹,

аспірант кафедри екології

e-mail: taras_rychak@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0848-6327>

Л. М. АРХИПОВА¹, д-р техн. наук,

професорка кафедри екології

e-mail: konsevich@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8725-6943>

¹Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,

вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019, Україна

ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ВОДОЙМИ-ОХОЛОДЖУВАЧА БУРШТИНСЬКОЇ ТЕС

Мета. Визначення еколого-токсикологічної оцінки якості води водойми-охолоджувача Бурштинської ТЕС, що є складовою Галицького національного природного парку.

Методи. Польові дослідження, аналітичні, біотестування, статистичні.

Результати. Оцінювання здійснювалось на основі результатів визначення токсичних властивостей проб води. Проби води відібрано взимку 2024 року у Бурштинському водосховищі, розташованому на р.Гнила Липа. Рівні хронічної токсичності води визначено за методикою біотестування на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Отримані результати свідчать, що з відібраних проб - 50% виявили хронічну токсичність, а саме – зразки з проб, відібраних на узбережжі водосховища в межах м. Бурштин, з рекреаційної ділянки водосховища, що використовується місцевим населенням для купання і відпочинку та ділянки водосховища в межах с. Дем'янів, яка знаходиться також під впливом автомагістралі, рибництва. Лівий берег водосховища та місце впадіння р. Гнила Липа у водосховище – на цій ділянці встановлено перший клас якості води і за ступенем забрудненості вода визначається – як чиста. Праве узбережжя водосховища, яке знаходиться в межах впливу автомагістралі, надлишкового рекреаційного впливу, надходження поверхневого стоку з міста Бурштина, має нижчі показники якості води, що характеризується як другий клас якості води і за ступенем забрудненості вода визначається як слабо забруднена. В інших репрезентативних створах відібрані проби води відповідали нормативу якості води за токсикологічним показником – відсутність хронічної токсичності води.

Висновки. Встановлено, що лівий і правий береги Бурштинського водосховища зазнають різного техногенного навантаження, різні частини водойми зазнають різного рівня впливу від різних джерел забруднення і, як наслідок, мають різний клас якості води. Необхідним є продовження моніторингових досліджень для підвищення рівня екологічної безпеки водних об'єктів у межах впливу теплової електростанції в частині збільшення контрольних створів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: *водойма-охолоджувач, токсичність, клас якості води, ступінь забрудненості води*

Як цитувати: Ричак Т. Л., Архипова Л. М. Еколого-токсикологічна оцінка якості води водойми-охолоджувача Бурштинської ТЕС. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія».* 2024. Вип. 30. С. 91 – 104. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-30-07>

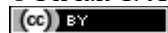
In cites: Rychak, T. L., & Arkhypova, L.M. (2024). Environmental and toxicological assessment of the water quality of Burshtynska TPP cooling reservoir. *Visnyk of V.N.Karazin Kharkiv National University. Series Ecology*, (30), 91 – 104. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2024-30-07> (in Ukrainian)

Вступ

Згідно Водного Кодексу України, Стаття 21-1 [1], Водної рамкової директиви ЄС [2] водойми-охолоджувачі теплових електростанцій

відносяться до категорії «істотно-змінені та штучні водні об'єкти». Для даної категорії екологічний статус не визначається, але для

© Ричак Т. Л., Архипова Л. М., 2024



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0.

об'єктів цих категорій встановлюється екологічний потенціал, який у результаті реалізації Плану управління району річкового басейну має бути щонайменше «добрим» [3]. Штучні водойми стали характерною складовою ландшафтів України. На кінець XX ст. штучні водойми регулювали 22,5% середнього річного стоку, який формується в Україні [4,5].

Як правило, використання штучних водойм – водосховищ і ставків здійснюється, переважно, залежно від їх цільового призначення, водності і господарської спеціалізації регіонів. У Прикарпатті головне призначення штучних водойм – водопостачання, енергетика, рибицтво, протипаводковий захист. Для потреб Бурштинської теплової електростанції Бурштинське водосховище – штучна водойма, створена у 1965 році на ріці Гнила Липа. Водний об'єкт призначено для технічного водопостачання виробничих процесів електростанції та для охолодження турбін теплової електростанції. Згідно технологічних норм коливання рівнів води у водосховищі допускається в межах $\pm 0,5$ м від нормального підпірного рівня. З огляду тематичної літератури основні морфометричні характеристики водойми: поверхня дзеркала води 1260 га, довжина – понад 7,5 км, ширина – близько 2,5 км, пересічна глибина – 1,5 - 3,5 м, максимальна глибина – 8 м. Основні характеристики водосховища: повний об'єм 49,9 млн. м³ води, корисний об'єм 6,3 млн. м³ [6,7].

У водоймі-охолоджувачі, внаслідок постійного скиду підігрітих вод з Бурштинської теплової електростанції, склалися умови формування особливих режимів: термічного, гідрохімічного та гідробіологічного.

Температурний режим води: у липні $+22+24$, замерзає вода частково у кінці січня – лютому за умови холодних зим, скресає у березні. Термічний режим характеризується неоднорідністю розподілу температури води за довжиною, шириною, глибиною. За результатами досліджень багаторічної динаміки складових гідрохімічних систем водойм-охолоджувачів та їх внутрішньорічного розподілу [8], встановлено, що в умовах теплового забруднення у водоймах-охолоджувачах інтенсифікуються гідробіологічні і фізико-хімічні процеси, наслідком яких є зрушення рівноважного стану карбонатно-кальцієвої і карбонатно-магнієвої систем у

бік утворення важкорозчинних сполук типу кальциту (CaCO_3 тв. фаза) і магнезиту (MgCO_3 тв. фаза). Встановлено, що карбонатно-кальцієва система у водоймах-охолоджувачах схильна до перебування в метастабільному пересиченому стані [8].

Основні гідрохімічні показники водойми-охолоджувача Бурштинської теплової електростанції: пересічна мінералізація до 500 мг/л, кількість розчиненого кисню 2-7 мг/л, каламутність до 500 мг/л. Для поліпшення гідрологічного режиму водойми-охолоджувача проводиться закріплення берегів і поглиблення окремих ділянок.

Водойми-охолоджувачі відрізняються за сольовим складом води, вмістом біогенних елементів і органічних сполук. Склад води цих водойм визначається характером природних вод водних об'єктів, на яких вони створюються, а також хімічним складом відпрацьованої води електростанцій, впливом температури та біологічними і хімічними процесами [6, 9 – 12]. У Бурштинській водоймі-охолоджувачі, яка відноситься до водойм-охолоджувачів з оборотною системою, відбувається підвищення загальної мінералізації, твердості (жорсткості) води. З підвищенням температури води у таких водоймах зменшується вміст розчиненого кисню [10, 12]. Але вміст кисню в них може підтримуватись на рівні 6-10 мг/дм³ завдяки інтенсивному перемішуванню води. В окремі періоди, коли збільшується вироблення електроенергії, у водойму-охолоджувач може надходити вода з температурою 38-40°C. Не виключено надходження у водойми хімічних реагентів, які використовуються в технологічних процесах енергетичних об'єктів. Це супроводжується різким падінням насичення води киснем [4, 6]. Такі випадки знижують якість води і призводять до підвищення рівня екологічної небезпеки, змінюючи показники токсичності води.

Хімічне забруднення найбільш шкідливо впливає на водні екосистеми, що призводить до отруєння водного середовища та гідробіонтів. За Переліком забруднюючих речовин [13] детальне дослідження їх вмісту у воді допоможе визначити екологічний потенціал штучного масиву поверхневих вод. Бо серед хімічних речовин, що надходять із підігрітими водами, стічними водами (токсикогенним стоком), значна частина є

отруйною для водного об'єкту та гідро біонтів [14]. Таким чином, водне середовище перетворюється на токсичне середовище. У такому середовищі біологічні процеси порушуються, окремі гідробіонти зникають. Вплив токсикантів на водні об'єкти має комплексний характер.

Основним якісним критерієм токсичності є летальний випадок отруєного організму. Кількісно цей показник залежить від дози токсичної речовини, тривалості її дії, маси самого індивіду, тощо. Тому залежність летальності характеризує токсичність певної речовини для даного організму [16]. Екотоксикологічний державний контроль здійснюється регулярно з метою спостереження за дотриманням екологічних нормативів і попередження потрапляння токсичних речовин у водні об'єкти. Токсичність – один з головних чинників, що визначає якість води і дає уявлення про безпеку її використання.

Необхідною складовою комплексної системи контролю якості води є контроль токсичності [16, 17, 18] за допомогою живих тест-організмів. Отримані результати вказують на вплив забрудненого водного середовища на життєдіяльність організмів. Токсичні ефекти, зареєстровані методом біотестування, включають комплексний вплив всіх фізичних, хімічних і біологічних компонентів, що є присутні у воді, що досліджується, та несприятливо впливають на біохімічні, фізіологічні та генетичні функції тест-організмів. Токсичність, що визначається методом біотестування, є інтегральним показником забруднення природних середовищ [16,17]. Складне поєднання рекреаційної, рибогосподарської, промислової і природоохоронної функцій Бурштинською водоймою-охолоджувачем вимагає проведення еколого-токсикологічних досліджень та надання токсикологічної оцінки якості води.

Окрім антропогенного впливу на водні об'єкти, що безумовно впливає на токсичність водного середовища, метаболізм самих гідробіонтів, також може породжувати підвищення токсичності. Яскравим прикладом може бути масовий розвиток синьо-зелених водоростей, під час якого у водне середовище надходить значна кількість токсичних метаболітів. Серед них найбільш небезпеч-

ними є алкалоїди, які викликають складні отруєння нервової системи у людей та тварин [14]. Ще одна важлива особливість водоймо-охолоджувачів теплових об'єктів полягає у тому, що при температурі вищій за 30°C токсичність забруднюючих речовин багаторазово зростає. Встановлено, наприклад, що токсичність міді та кадмію збільшується на три порядки, що пов'язано з активністю ферментів, оскільки більшість токсикантів виступають як ферментні отрути [6,10,11].

Дослідження токсичності вод для Бурштинського водосховища також є вкрай важливим і необхідним, оскільки водойма-охолоджувач є водно-болотним угіддям міжнародного значення і належить до Галицького Національного природного парку. Серед водної рослинності водосховища – водяна папороть, стрілолист, водяний хвощ, очерет, куга озерна, розвиваються фітопланктон та зелені водорості. Постійно вода тепла і у ній водиться риба: сом каналний, короп, карась срібний, лящ, судак та окунь, верховодка, щука та йорж. У прибережних заростях гніздиться чимало водоплавних птахів, зокрема дика качка, сірий журавель, ондатра, лебідь.

Бурштинська водойма-охолоджувач та річка Дністер в межах Галицького району увійшли до переліку Водно-болотних угідь міжнародного значення завдяки клопіткій роботі громадської організації "Еко-Галич: Реабілітація дикої природи", яка плідно працює над відтворенням, збереженням та оптимальним використанням ресурсів річки Дністер та Бурштинського водосховища. Цінні у природоохоронному, господарському, екоосвітньому та рекреаційному відношенні водойми Івано-Франківської області отримали природоохоронний статус "Рамсарські угіддя"

Такі різнопланові функції, діаметрально протилежні за напрямками та важливі як для промислового виробництва, так і для задоволення потреб суспільства [19, 20], виконання екологічних задач підкреслюють актуальність еколого-токсикологічних досліджень Бурштинської водойми.

Метою є визначення еколого-токсикологічної оцінки якості води водойми-охолоджувача Бурштинської ТЕС, що є складовою Галицького національного природного парку.

Методи дослідження

Для проведення еколого-токсикологічної оцінки поверхневих вод обрано репрезентативні створи, де взимку 2024 року, особисто відібрано проби води. У пробах води визначались рівні хронічної токсичності води за допомогою методики біотестування. Нормативом якості вод за токсикологічним показником є відсутність хронічної токсичності.

Лабораторні дослідження проводились у лабораторії еколого-токсикологічних досліджень Навчально-наукового інституту екології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Лабораторія атестована Державним комітетом України з питань технічного регулювання та споживчої політики на проведення вимірювань токсичності методом біотестування у сфері поширення державного метрологічного нагляду. При виборі створів для відбору проб враховані мета проведення дослідження, природні та антропогенні чинники, що впливають на якісний склад води в даному місці, відібрано проби води у 4-х створах (рис 1). Проби води для визначення токсичності відбирались згідно з КНД 211.1.0.009-94 [21].

Проби не підлягають консервуванню хімічними речовинами чи заморожуванню.

Проби зберігають не більше 24 год у темряві. після відбору, а при температурі $(4\pm 2)^{\circ}\text{C}$ – не більше 96 год.

Охолоджені проби води нагрівають до температури $(25\pm 2)^{\circ}\text{C}$ для проведення експериментів на церіодафніях. Для приготування розбавлень дослідної води та для контролю використовують питну воду, яку попередньо шляхом устоювання не менше семи діб дехлорують і аерують за допомогою мікрокомпресора до досягнення концентрації розчиненого кисню не менше 6 мг/дм^3 .

Для визначення рівня токсичності води готують не менше п'яти розбавлень. Токсичність води визначають на ракоподібних церіодафніях у довгострокових (визначення хронічної токсичності) експериментах [16, 17, 18].

Методика визначення хронічної токсичності ґрунтується на встановленні різниці між кількістю загиблених церіодафній у воді, що аналізується (дослід), та у воді, яка не містить токсичних речовин (контроль). Критерієм є загибель 50 і більше відсотків церіодафній у досліді порівняно з контролем за 96 год. біотестування [21].

Результати дослідження

Бурштинська водойма відноситься до штучного масиву поверхневих вод і з 2019 року оцінка хімічного стану масиву штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод здійснювалась згідно Методики віднесення вод до одного з класів екологічного потенціалу із застосуванням показників середньорічної концентрації (ЕНЯ_{ср}). Водойма охолоджувач, на жаль, не є об'єктом (пунктом) діагностичного моніторингу відповідно до програм, затверджених наказом Держводагентства № 21 від 11.01.2020 та наказом № 587 від 24.06.2020. Але, проводився моніторинг поверхневих вод, у пунктах, які відносяться до басейну р. Дністер та впадають у Бурштинську водойму (р. Гнила Липа, п. Бабухів, 10 км до місця падіння у водойму - охолоджувач) та після дамби водосховища р. Гнила Липа тече (близько 14 км і впадає у р. Дністер (с. Тустань, пункт моніторингу м. Галич). На масивах поверхневих вод, які

перебувають під ризиком на основі антропогенних впливів на якісний та кількісний стан вод на території Івано-Франківської області встановлено 11 пунктів моніторингу на 10 масивах [22]. Для наших досліджень актуальними є створи: р. Гнила Липа, с. Бабухів та р. Дністер, Галицький національний природний парк, м. Галич. За результатами досліджень токсичних органічних речовин у поверхневих водах, що відносяться до масивів вод басейну Дністра [2], як мінімум один раз, присутні 7 речовин: - гексахлорциклогексан, ДДТ, гексахлорбензол – пестициди; флуорантен, нафталін – поліароматичні вуглеводні; трихлорметан, тетрахлорметан – леткі органічні сполуки. Вміст виявлених забруднюючих речовин не перевищував середньорічних та максимально-допустимих концентрацій екологічних нормативів якості ЕНЯ_{ср} та ЕНЯ_{мах}. За результатами цих досліджень встановлено добрий хімічний стан масивів

поверхневих вод у всіх пунктах моніторингу. Результати радіологічних досліджень показали, що у досліджуваних пробах не виявлено перевищення вмісту цезію-137 і стронцію-90 понад встановлених допустимих рівнів вмісту радіонуклідів [23]

Загальним аналізом лабораторних досліджень, проведених протягом 2021 року [24] виявлено такий стан поверхневих вод за гідрохімічними показниками у річці Дністер (м. Галич): дихлофос, середньорічне значення 0,004, ЕНЯ_{ср} – 0,0006; та гептахлор і гептахлорепоксид, середньорічне значення 0,0001, ЕНЯ_{ср} - 2×10^{-7} У р. Гнила Липа (с. Бабухів) виявлено: флуорантен, середньорічне значення 0,02 та ЕНЯ_{ср} 0,0063; дихлофос, середньорічне значення 0,001, ЕНЯ_{ср} 0,0006. Серед специфічних показників виявлено для р. Гнила Липа (с. Бабухів) метолахлор, тербутилазин, триклозан, флуконазол і для р. Дністер (с. Галич) виявили метолахлор, тербутилазин, триклозан, флуконазол. Загалом, у масивах поверхневих вод на території дослідження вміст забруднюючих речовин не перевищує екологічних нормативів якості і масиви відповідають I класу хімічного стану – «доброму» [24].

У басейні річки Дністер на території дослідження протягом 2022 року з-поміж виявлених пріоритетних забруднюючих речовин із Переліку 45+ зафіксовано перевищення максимально допустимого значення

нормативу екологічної якості (ЕНЯ_{мах}) у пунктах моніторингу [25]: р. Гнила Липа (с. Бабухів) – флуорантен (ЕНЯ_{мах}=0,12 мкг/дм³) 1,09 мкг/дм³; бензо(б)флуорантен (ЕНЯ_{мах}=0,017 мкг/дм³) 0,13 мкг/дм³, 0,02 мкг/дм³; бензо(к)флуорантен (ЕНЯ_{мах} 0,017 мкг/дм³) 0,13 мкг/дм³, 0,018 мкг/дм³; бензо(г,х,і)перілен (ЕНЯ_{мах}=0,0082 мкг/дм³) 0,047 мкг/дм³.

У масиві поверхневих вод зафіксовано перевищення екологічних нормативів якості за вмістом пріоритетних забруднюючих речовин із Переліку 45+ та визначено II клас хімічного стану – «недосягнення доброго», р. Гнила Липа (с. Бабухів). З-поміж пріоритетних важких металів у пунктах моніторингу у концентраціях нижчих встановлених максимальним нормативом якості (ЕНЯ_{мах}) не виявлено. Серед досліджуваних специфічних показників протягом року зафіксовано присутність у річках басейну Дністра речовин – карбарил, ацетохлор, метолахлор, тербутилазин, флуконазол та триклозан. З-поміж досліджуваних показників жодного разу не зафіксовано лише вміст карбамазепіну. Для порівняльного аналізу даних специфічних показників не встановлені нормативи вмісту. Загальним аналізом лабораторних досліджень, проведених протягом 2022 року встановлено, що у масивах поверхневих вод басейну Дністра на території дослідження вміст забруднюючих речовин не перевищує

Таблиця 1

Місцезнаходження створів відбору проб і обґрунтування доцільності їх відбору

Table 1

The location of sampling sites and justification of the feasibility of their selection

№ Проби	Місцезнаходження	Обґрунтування вибору створів відбору проб
1	Лівий берег, сільськогосподарські угіддя, сільська місцевість	Для відображення впливу сільськогосподарських угідь, приватної забудови та для порівняння токсичності води із результатами аналізу проб, відібраних на правому березі для дослідження впливу рекреаційного навантаження на токсичність у поверхневих Водах
2	Місце впадіння р. Гнила Липа у Бурштинське водосховище	Для відображення впливу території водозбірного басейну верхньої частини р. Гнила Липа на токсичність у водах Бурштинського водосховища
3	Правий берег водосховища, 800 м від місця впадіння р. Гнила Липа у водосховище	Для відображення впливу території з приватною забудовою, рекреаційним навантаженням, рибництвом
4	Правий берег водосховища, 4600 м від місця впадіння р. Гнила Липа у водосховище	Для відображення впливу території з транспортним навантаженням, рибництвом. Для порівняння ступеня забрудненості із результатами аналізу проб води, відібраних у репрезентативних точках дослідження.

екологічних нормативів якості і масиви відповідають I класу хімічного стану – «доброму», зокрема: р. Дністер (с. Козина, 3 км нижче місця впадіння р. Гнила Липа у р. Дністер) [25].

У 2022 році Порядком здійснення державного моніторингу вод, який затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19.09.2018 № 758 не передбачено проведення радіологічних досліджень масивів поверхневих вод [25]

Аналіз сучасного стану гідрохімічних показників масиву поверхневих вод р. Гнила Липа та р. Дністер, їх інтенсивне водокористування та значне господарське використання території водозбірного басейну призводять до погіршення якості водних ресурсів. Для визначення класу якості води водойми-охолоджувача Бурштинської ТЕС та

ступеню її забрудненості проведена еколого-токсикологічна оцінка якості води. Для цього визначено місця створів відбору проб із обґрунтуванням доцільності вибору. Інформація про їх місцезнаходження та обґрунтування вибору створів відбору проб надана у таблиці 1.

У створах Бурштинського водосховища відібрано проби води у січні 2024 року. За ДСТУ 4174:2003 Якість води. Визначення хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphniamagna* Straus та *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 10706:2000, MOD) [26] визначено хронічну токсичність води. Результати проведених експериментальних досліджень проб штучного масиву поверхневих вод на першому створі надано у таблиці 2.

Таблиця 2

Усереднені показники для визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg (перший створ)

Table 2

Average indicators for determining the chronic toxicity of water on crustaceans *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg (first creation)

Статистичні показники	Кількість новонароджених церіодафній			
	Контроль	Дослід, розбавлення проби води, рази		
		1	2	3
Середнє значення за виживаністю	1	1	1	1
за плодючістю	9,40	8,90	9,10	8,70
Станд. Відхилення за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,84	0,74	0,74	0,95
Похибка станд. відхилення за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,27	0,23	0,23	0,30
Дисперсія за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,71	0,54	0,54	0,90
Фактичне значення критерію Стюдента	за виживаністю	1,00	1,00	1,00
	за плодючістю	1,41	0,84	1,74
Кількість ступенів Свободи	за виживаністю	18,00	18,00	18,00
	за плодючістю	18,00	18,00	18,00
Табличне значення критерію Стюдента	за виживаністю	2,11	2,11	2,11
	за плодючістю	2,11	2,11	2,11
Висновок	за виживаністю за плодючістю	нетоксична. нетоксична	нетоксична нетоксична	нетоксична нетоксична

За отриманими результатами у пробах води не виявлено хронічної токсичності. Мінімальна кратність розбавлення, за якої не виявляється хронічна токсичність – 1.

Результати проведених експериментальних досліджень проб води штучного масиву поверхневих вод у другому створі на дано у таблиці 3.

Таблиця 3
Визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphniaaffinis*Lilljeborg (другий створ)

Table 3
Determination of chronic water toxicity on crustaceans *Ceriodaphniaaffinis*Lilljeborg (second creation)

Статистичні показники	Кількість новонароджених церіодафній			
	Контроль	Дослід, розбавлення проби води, рази		
		1	2	3
Середнє значення за виживаністю за плодючістю	1 8,80	1 8,40	1 8,50	1 8,40
Станд. Відхилення за виживаністю за плодючістю	0,00 0,63	0,00 0,52	0,00 0,85	0,00 0,70
Похибка станд. відхилення за виживаністю за плодючістю	0,00 0,20	0,00 0,16	0,00 0,27	0,00 0,22
Дисперсія за виживаністю за плодючістю	0,00 0,40	0,00 0,27	0,00 0,72	0,00 0,49
Фактичне значення критерію Стюдента	за виживаністю	1,00	1,00	1,00
	за плодючістю	1,54	0,89	1,34
Кількість ступенів Свободи	за виживаністю	18,00	18,00	18,00
	за плодючістю	18,00	18,00	18,00
Табличне значення критерію Стюдента	за виживаністю	2,11	2,11	2,11
	за плодючістю	2,11	2,11	2,11
Висновок	за виживаністю за плодючістю	нетоксична. нетоксична	нетоксична нетоксична	нетоксична нетоксична

В результаті аналізу отриманих результатів визначено, що у пробах води не виявлено хронічної токсичності. Мінімальна кратність розбавлення, за якої не виявляється хронічна токсичність – 1.

Результати проведених експериментальних досліджень проб штучного масиву поверхневих вод у другому створі надано у таблиці 4. За результатами дослідження хронічної токсичності отримано висновок, що вода слабо забруднена. Мінімальна кратність розбавлення, за якої не виявляється хронічна токсичність – 2.

Результати експериментального дослідження проб води штучного масиву поверхневих вод у четвертому створі надано у таблиці 5.

За результатами дослідження хронічної токсичності - вода слабо забруднена. Мінімальна кратність розбавлення, за якої не виявляється хронічна токсичність – 2.

Узагальнені результати експериментальних досліджень проб води штучного масиву поверхневих вод усіх чотирьох створів запропоновано у таблиці 6.

Результати досліджень показали, що у пробах води зі створів 1 та 2 токсичні властивості для поверхневих вод не спостерігаються. Вплив поверхневого стоку зі значної площі з приватної території не призводить до погіршення якості води (значення OT_x , становить 1) (табл. 6, 7).

Створи 3 та 4 знаходяться в межах надлишкового рекреаційного впливу, надхо-

Таблиця 4

**Визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg
(третій створ)**

Table 4

**Determination of chronic water toxicity on crustaceans *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg
(third creation)**

Статистичні показники	Кількість новонароджених церіодафній			
	Контроль	Дослід, розбавлення проби води, рази		
		1	2	3
Середнє значення за виживаністю	1	1	1	1
за плодючістю	7,70	5,80	8,10	8,30
Станд. Відхилення за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,67	2,97	0,88	0,95
Похибка станд. відхилення за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,21	0,94	0,28	0,30
Дисперсія за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,46	8,84	0,77	0,90
Фактичне значення критерію Стюдента	за виживаністю	1,00	1,00	1,00
	за плодючістю	1,97	-1,14	-1,62
Кількість ступенів Свободи	за виживаністю	18,00	18,00	18,00
	за плодючістю	18,00	18,00	18,00
Табличне значення критерію Стюдента	за виживаністю	2,11	2,11	2,11
	за плодючістю	2,11	2,11	2,11
Висновок	за виживаністю	нетоксична	нетоксична	Нетоксична
	за плодючістю	слабозабруднена	нетоксична	Нетоксична

Таблиця 5

**Визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg
(четвертий створ)**

Table 5

**Determination of chronic water toxicity on crustaceans *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg
(fourth creation)**

Статистичні показники	Кількість новонароджених церіодафній			
	Контроль	Дослід, розбавлення проби води, рази		
		1	2	3
Середнє значення за виживаністю	1	1	1	1
за плодючістю	7,70	5,50	8,20	8,60
Станд. відхилення за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,95	3,17	0,63	0,52
Похибка станд. відхилення за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,30	1,00	0,20	0,16
Дисперсія за виживаністю	0,00	0,00	0,00	0,00
за плодючістю	0,90	10,06	0,40	0,27
Фактичне значення критерію Стюдента	за виживаністю	1,00	1,00	1,00
	за плодючістю	2,10	-1,38	-2,63
Кількість ступенів Свободи	за виживаністю	18,00	18,00	18,00
	за плодючістю	18,00	18,00	18,00
Табличне значення критерію Стюдента	за виживаністю	2,11	2,11	2,11
	за плодючістю	2,11	2,11	2,11
Висновок	за виживаністю	нетоксична	нетоксична	нетоксична
	за плодючістю	слабозабруднена	нетоксична	нетоксична

Таблиця 6

Результати визначення хронічної токсичності

Table 6

Results of determination of chronic toxicity

№	Місце відбору проб	Клас якості води	Ступінь забрудненості
1.	Бурштинське водосховище	Чиста	I
2.	Місце впадіння річки Гнила Липа у Бурштинське водосховище	Чиста	I
3.	Бурштинське водосховище, м. Бурштин, рекреаційна зона	Слабозабруднена	II
4.	Бурштинське водосховище, с. Дем'янів	Слабозабруднена	II

Таблиця 7

Класифікація якості води за рівнями хронічної токсичності [17]

Table 7

Classification of water quality according to levels of chronic toxicity [17]

Клас якості води	Ступінь Забрудненості	Рівень хронічної токсичності, OT_x
I	Чиста	1,0
II	Слабозабруднена	1,1-2,0
III	Помірно забруднена	2,1-4,0
IV	Брудна	4,1-8,0
V	Дуже брудна	більше 8,0

дження поверхневого стоку з населеного пункту, стоянки автотранспорту, рибництва, надходження токсичних речовин до водного об'єкту з поверхневим стоком при таненні снігу та вторинному забрудненні води донними відкладами, що на нашу думку, призвело до виявлених токсичних властивостей у цих створах (ступінь забрудненості – вода слабо забруднена, рівень хронічної токсичності, OT_x , становить 2 (табл. 6, 7).

Отримані результати вказують, що м. Бурштин, автостоянка біля енергетичного об'єкту є дієвими чинниками і виступають локальними джерелами забруднення водойми.

На основі теорії м'якого управління слід визначитись з пріоритетними шляхами управління станом водного об'єкта як

основи встановлення «доброго» екологічного потенціалу. На нашу думку, насамперед, це досягнення екологічно безпечного стану водойми-охолоджувача та гідрологічної системи р. Гнила Липа загалом. Означена система управління ґрунтується на принципі врахування особливостей кожної окремо взятої складової гідрологічної системи річки. І у зв'язку з отриманими результатами дослідження токсичних властивостей води вважаємо, що слід розширити мережу відбору проб води у водоймі-охолоджувачі, долучити проби води р. Гнила Липа до впадіння у водосховище та за його дамбою. І для кожного обраного репрезентативного створу визначити особливості джерел забруднення, їх кількісну та якісну характеристики.

Висновки

Біотестування, як один із ефективних біологічних методів дає можливість оцінити небезпеку різних джерел забруднення для водної флори і фауни.

У результаті дослідження токсичних властивостей води штучного водного об'єкту Бурштинського водосховища встановлено, що лівий і правий береги водосховища

знають різного техногенного навантаження, різні частини водойми зазнають різного рівня впливу від різних джерел забруднення і, як наслідок, мають різний клас якості води.

Ліва частина узбережжя водойми при значеннях OT_x до 1 належить до першого класу якості води, а за ступенем забрудненості оцінюється як чиста вода.

Права частина узбережжя водойми, де значення OT_x знаходиться в межах 1,1-2,0, належить до другого класу якості води і за ступенем забрудненості вода визначається як слабо забруднена

Необхідним є продовження моніторингових досліджень для підвищення рівня екологічної безпеки водних об'єктів у межах впливу теплової електростанції в частині збільшення контрольних створів.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють, що конфлікту інтересів щодо публікації цього рукопису немає. Крім того, автори повністю дотримувались етичних норм, включаючи плагіат, фальсифікацію даних та подвійну публікацію

Список використаної літератури

1. Водний кодекс України. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. ст.189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 23.02.2024)
2. Directive 2000/60/EU of the European Parliament and of the Council "One establishing the frame work for Community activities in the field of water policy" dated October 23, 2000. (2000). *Офіційний вісник Європейського Союзу*. L0060. URL: <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60> (дата звернення: 23.02.2024)
3. Методика віднесення масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного та хімічного станів масиву поверхневих вод, а також віднесення штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод до одного з класів екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод (2019): Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України № 5 від 14.01.2019 р. *Офіційний вісник України*. 2019. № 16. Ст. 560. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text> (дата звернення: 23.02.2024)
4. Гребінь В.В., Хільчевський В.К., Шашук В.А., Чунарьов О.В., Ярошевича О.С. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки: Довідник За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня. К.: «Інтерпрес ЛТД». 2014. 164 с.
5. Рудько Г.І, Консевич Л.М. Наукові основи екологічної оцінки та оптимального використання гідроресурсів Карпатського регіону України. К.: *Знання*. 1998. 48 с.
6. Ромась М.І. Гідрохімія водних об'єктів атомної і теплової енергетики: Монографія. К.: ВПЦ "Київський ун-т". 2002. 532 с.
7. Ричак Т., Архипова Л. Сучасні тенденції гідрологічних і гідрохімічних досліджень водосховищ// *Дністровські читання. Матеріали круглого столу з нагоди 30-річчя Дністровського регіонального ландшафтного парку року, Серія: «Conservation Biology in Ukraine»*. 2023. Вип. 34. С.113-115.
8. Осадчий В.І., Мостова Н.М. Математичне моделювання стану гідрохімічних систем у водоймі-охолоджувачі Запорізької АЕС. *Наукові праці Укр НДГМІ*. 2003. Вип.25. С.95-117.
9. Hosseini N., Johnston J., Lindenschmidt K.-E. Impacts of climate change on the water quality of a regulated prairie river. *Water*. 2017. 9 (N3). P. 199. DOI: <https://doi.org/10.3390/w9030199>
10. Climate Change Effectson Thermal Power Generation and Projected Losses in Generation and Income in the U.S. forthe Period 2020–2050 April 2021. *Conference: 52nd North American Power Symposium (NAPS) (2020)* DOI: <https://doi.org/10.1109/NAPS50074.2021.9449688>
11. Ablimit Aili, Dongliang Zhao, Gang Tan, Xiaobo Yin, Ronggui Yang, Reduction of water consumption in thermal power plants with radiative sky cooling. *Applied Energy, Elsevier*, 2021. Vol. 302(C). DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117515>
12. Shu-YuanPan, Seth W. Snyder, Aaron I. Packman, Yupo J. Lin, Pen-Chi Chiang Cooling water use in thermo electric power generation and it sassociated challenges forad dressing water-energy nexus *Water-Energy Nexus* 2018. Vol. 1. N 1. P. 26-41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wen.2018.04.002>
13. Про затвердження Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод (2017): Наказ; Мінприроди України від 06.02.2017 № 45 // *База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України*. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0235-17> (дата звернення: 23.02.2024).
14. Романенко В.Д. (2001) Основи гідроекології: Підручник. К.: Обереги. 728 с.
15. Damià Barceló, Božo Žonja, Antoni Ginebreda. (2020). Toxicity tests in wastewater and drinking water treatment processes: A complementary assessment tool to be on your radar. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. Volume 8, Issue 5, P 104262 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104262>

16. Крайнюков О.М., Кривицька І.А., Зюзь Т.М. (2020 р). Еколого-токсикологічна оцінка якості води річки Лопань в межах Дергачівського району Харківської області // «Молодий вчений». № 3 (79), березень, С. 168-172 <https://molodyvchenyi.ua/index.php/journal/article/view/1461/1428>
17. Крайнюков О.М. (2016). Алгоритми і способи визначення рівнів гострої летальної і хронічної токсичності води. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. № 1-2(25). С 14-19. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2016-25-02>
18. Крайнюкова, А. М., Крайнюков, О.М., &Кривицька, І. А. (2021). Використання методик біотестування для оцінювання екологічного стану поверхневих вод. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна серія «Екологія»*. Вип. 24.С.103-116. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09>
19. Kravchynskiy, R.L., Khilchevskiy, V.K., Korchemluk, M.V., Arkhipova, L.M., Plichko, L.V. (2021). Criteria for identification of land slides in the upper Prut river basin on satellite images .20th International Conference Geoinformatics: Theoretical and Applied Aspects, . DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521003>
20. Matiyiv, K., Klymchuk, I., Arkhypova, L., Korchemlyuk, M. (2022) Surface Water Quality of the Prut River Basin in a Tourist Destination // *Ecological Engineering and Environmental Technology This link is disabled.*, , 23(4), P. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.12912/27197050/150311>
21. КНД 211.1.4.056-97. Методика визначення хронічної токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. *Біотестування у природоохоронній практиці*. 1997. Київ.
22. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області в 2020 році <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2021/regionalna-dopovid-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha-v-ivano-frankivskiy-oblasti-v-2020-rotsi.pdf>
23. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області в 2019 році <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2021/regional-d-2019.pdf>
24. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області в 2021 році <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2022/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%20%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%88%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0%20%D0%B2%20%D0%86%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96%D0%B9%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%B7%D0%B0%202021%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf>
25. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області в 2022 році <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2023/Regional%CA%B9na%20dopovid%CA%B9%20pro%20stan%20navkolishn%CA%B9oho%20prirodnoho%20seredovishcha%20v%20oblasti%20u%202022%20rotsi.pdf>
26. ДСТУ 4174:2003 Якість води. Визначення хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphniamagna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 10706:2000, MOD). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72857

Стаття надійшла до редакції 25.02.2024

Стаття рекомендована до друку 12.04.2024

T. L. RYCHAK¹,

PhD student of the Ecology Department,

e-mail: taras_rychak@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0002-0848-6327>

L. M. ARKHYPKOVA¹, DSc (Technical),

Professor of the Ecology Department

e-mail: konsevich@ukr.net ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8725-6943>

¹Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

15, Karpatska Str., Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine

ENVIRONMENTAL AND TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF THE WATER QUALITY OF BURSHTYNSKA TPP COOLING RESERVOIR

Purpose. Determination of the ecological and toxicological assessment of the water quality of the cooling reservoir of the Burshtyn TPP, which is a component of the Galicia National Nature Park.

Methods. Field research, analytical, biotesting, statistical.

Results. The assessment was carried out on the basis of the results of determining the toxic properties of water samples. Water samples were taken in the winter of 2024 in the Burshtyn Reservoir, located on the Hnyla Lypa River. The levels of chronic water toxicity were determined using the biotesting method for the crustacean *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. The obtained results show that 50% of the samples taken showed chronic toxicity, namely, samples from the samples taken on the coast of the reservoir within the city of Burshtyn, from the recreational area of the reservoir used by the local population for swimming and recreation, and the area of the reservoir within c. Demyaniv, which is also under the influence of the highway, fish farming. The left bank of the reservoir and the confluence of the Gnyla Lypa River into the reservoir - the first class of water quality has been established in this area and the water is defined as clean according to the degree of pollution. The right bank of the reservoir, which is within the limits of the influence of the highway, excess recreational influence, inflow of surface runoff from the city of Burshtyn, has lower water quality indicators, characterized as the second class of water quality, and according to the degree of pollution, the water is defined as slightly polluted. In other representative bodies, the selected water samples met the standard of water quality according to the toxicological indicator - the absence of chronic water toxicity.

Conclusions. It was established that the left and right banks of the Burshtyn Reservoir are subject to different technogenic loads, different parts of the reservoir are subject to different levels of influence from different sources of pollution and, as a result, have different water quality classes. It is necessary to continue monitoring studies to increase the level of environmental safety of water bodies within the influence of the thermal power plant in terms of increasing control structures.

KEYWORDS: *cooling reservoir; toxicity; water quality class; degree of water pollution*

References

1. Water Code of Ukraine. (1995). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy*, (24),.189. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>
2. 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.(2000). Retrieved from <http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj>
3. Methodology for assigning a mass of surface water to one of the classes of ecological and chemical state of the mass of surface water, as well as assigning an artificial or significantly changed mass of surface water to one of the classes of ecological potential of an artificial or significantly changed mass of surface water (2019): Order of the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine No. 5 dated January 14, 2019. *Official Gazette of Ukraine*. (16), 560. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0127-19#Text>
4. Hrebin, V.V., Khilchevskyi, V.K., Stashuk, V.A., Chunar'ov, O.V., & Yarosevicha, O.E.. (2014). *The Water Fund of Ukraine: Artificial reservoirs — reservoirs and ponds: Handbook*. K.: "Interpress LTD."
5. Rudko, G.I., & Konsevich, L.M. (1998). *Scientific basis of ecological assessment and optimal use of water resources of the Carpathian region of Ukraine*. K.: Knowledge.
6. Romas, M.I. (2002). *Hydrochemistry of water objects of atomic and thermal energy: Monograph* - K.: VOC "Kyiv University".
7. Rychak, T., & Arkhipova, L. (2023). Modern trends of hydrological and hydrochemical research in reservoirs. *Dniester readings. Materials of the round table on the occasion of the 30th anniversary of the Dniester regional landscape park of the year*, (Series: "Conservation Biology in Ukraine". (34),113-115.
8. Osadchii, V.I., & Mostova, N.M. (2003). Mathematical modeling of the state of hydrochemical systems in the cooling reservoir of Zaporizhzhya NPP. *Scientific works of Ukr NDGMI*. (25), 95-117.
9. Hosseini, N., Johnston, J., & Lindenschmidt, K.-E. (2017). Impacts of climate change on the water quality of a regulated prairie river. *Water*. 9 (3), 199. <https://doi.org/10.3390/w9030199>

10. Climate Change Effectson Thermal Power Generation and Projected Losses in Generation and Income in the U.S. forthe Period 2020–2050April 2021. (2020). *Conference: 52nd North American Power Symposium (NAPS)*. <https://doi.org/10.1109/NAPS50074.2021.9449688>
11. Aili, Ablimit, Zhao, Dongliang, Tan, Gang, Yin, Xiaobo &Yang, Ronggui. (2021). Reduction of water consumption in thermal power plants with radiativesky cooling». *Applied Energy, Elsevier*, 302(C). <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117515>
12. Shu-YuanPan, Seth W. Snyder, Aaron I. Packman, Yupo J. Lin, Pen-Chi Chiang (2018). Cooling water use in thermo electric power generation and it sassociated challenges forad dressing water-energy nexus *Water-Energy Nexus, 1*(1), 26-41 <https://doi.org/10.1016/j.wen.2018.04.002>
13. On the approval of the List of pollutants for determining the chemical state of surface and underground water bodies and the ecological potential of artificial or significantly altered surface water bodies. (2017): Order; Ministry of Natural Resources of Ukraine dated February 6, 2017 No. 45. .*Database "Legislation of Ukraine" Verkhovna Rada of Ukraine*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0235-17>
14. Romanenko, V.D. (2001) Fundamentals of hydroecology: Textbook. K.: Oberegy.
15. Damià, Barceló, Božo, Žonja, Antoni Ginebreda. (2020). Toxicity tests in wastewater and drinking water treatment processes: A complementary assessment tool to be on your radar. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 8(5), 104262. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104262>
16. Krainiukov, O. M. Krivicka, I. A., & Zuz, T. M. (2020). Ecological and toxicological evaluation of water quality in the Lopan river within the boundaries of Derhachivskiy raion of Kharkiv oblast. *Young Scientist*, (3(79), 168-172 <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-3-79-37>
17. Krainiukov, O. M. (2016). (1). Algorithms And Methods Determination Of Acute Bioassay Lethal And Chronic Toxicity Water. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (1-2(25), 14-19. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2016-25-02>
18. Krainiukova , A. M., Krainiukov , O. M., & Kryvytska , I. A. (2021). Use of Biotesting Methods for Assessing the Ecological Condition of Surface Waters. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University Series «Ecology»*, (24), 103-116. <https://doi.org/10.26565/1992-4259-2021-24-09>
19. Kravchynskiy, R.L., Khilchevskiy, V.K., Korchemluk, M.V., Arkhipova, L.M., & Plichko, L.V. (2021). Crite riaforidentificati on of land slides in the upper Prut river basin on satellite images *Geoinformatics 2021*, 1 – 6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521003>
20. Matiyiv, K., Klymchuk, I., Arkhypova, L., & Korchemlyuk, M. (2022). Surface Water Quality of the Prut River Basinin a Tourist Destination. *Ecological Engineering and Environmental Technology This link is disabled.*, , 23(4), 107–114. <https://doi.org/10.12912/27197050/150311>
21. KND 211.1.4.056-97. (1997). Methodology for determining the chronic toxicity of water on the crustacean *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Biotesting in nature conservation practice. Kyiv.
22. Regional report on the state of the natural environment in the Ivano-Frankivsk region in 2020. Retrieved from <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2021/regionalna-dopovid-pro-stan-navkolishnogo-prirod-nogo-seredovishcha-v-ivano-frankivskiy-oblasti-v-2020-rotsi.pdf>
23. Regional report on the state of the natural environment in the Ivano-Frankivsk region in 2019. Retrieved from <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2021/regional-d-2019.pdf>
24. Regional report on the state of the natural environment in the Ivano-Frankivsk region in 2021. Retrieved from <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2022/%D0%A0%D0%B5%D0%B3%D1%96%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%20%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D1%8C%20%D0%BF%D1%80%D0%BE%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%20%D0%BD%D0%B0%D0%B2%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B8%D1%88%D0%BD%D1%8C%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%20%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B0%20%D0%B2%20%D0%86%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE-%D0%A4%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%BA%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D1%96%D0%B9%20%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%96%20%D0%B7%D0%B0%202021%20%D1%80%D1%96%D0%BA.pdf>
25. Regional report on the state of the natural environment in the Ivano-Frankivsk region in 2022. Retrieved from <https://www.if.gov.ua/storage/app/sites/24/documentu-2023/Rehional%CA%B9na%20dopovid%CA%B9%20pro%20stan%20navkolishn%CA%B9oho%20pyrodnoho%20seredovishcha%20v%20oblasti%20u%202022%20rotsi.pdf>
26. DSTU 4174:2003 Water quality. Determination of chronic toxicity of chemicals and water on *Daphniamagna* Straus and *Ceriodaphniaaffinis* Lilljeborg (Cladocera, Crustacea) (ISO 10706:2000, MOD). Retrieved from https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=72857

The article was received by the editors 25.02.2024

The article is recommended for printing 12.04.2024