

УДК 543.3:556.5

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-7>

Лілія КРОПИВНИЦЬКА

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка, вул. Івана Франка, 24, м. Дрогобич, Львівська область, Україна, 82100

ORCID: 0000-0002-4419-3727

Олена СТАДНІЧУК

кандидат хімічних наук, науковий співробітник науково-дослідної лабораторії (аналізу і прогнозування надзвичайних ситуацій), Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-9710-9015

Scopus Author ID: 9134184100

Людмила КУЧЕР

кандидат економічних наук, доцент, старший викладач кафедри управління повсякденною діяльністю військ та тилового забезпечення, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-9592-7153

Олег ШЕРЕМЕТА

викладач кафедри тактики підрозділів бойового (оперативного) забезпечення, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0002-1438-8400

Микола ПЛАТОНОВ

кандидат хімічних наук, старший дослідник, провідний науковий співробітник науково-організаційного відділу, Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, вул. Героїв Майдану 32, м. Львів, Україна, 29026

ORCID: 0000-0003-4547-9273

Scopus Author ID: 8636372100

Бібліографічний опис статті: Кропивницька, Л., Стаднічук, О., Кучер, Л. Шеремета О., Платонов, М. (2022). Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Опір. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 3, 49–58, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-7>

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧКИ ОПІР

Російські агресори все частіше спрямовують свої удари по критичній інфраструктурі України, залишаючи мирне населення без електрики, опалення та центрального водопостачання. Воєнні дії змушують мігрувати населення і залишатись, головню, у західних областях України, збільшуючи при цьому антропогенне навантаження. Тому постійний моніторинг біоресурсів є однією з обов'язкових і ключових завдань, що дозволяють відслідковувати екологічний стан наявних водних екосистем. Найкращим індикатором екологічного стану довкілля є малі річки поблизу населених пунктів, які швидко реагують на зміни антропогенних навантажень. Мета дослідження: визначення екологічного стану басейну річки Опір в межах ділянки с. Опорець (від витoku річки) до с. Гребенів. За гідрохімічними показниками поверхневі води річки Опір в межах ділянки села Опорець – села Гребенів можна вважати задовільними. Поверхневі води є нейтральними, слабомінералізованими, гідрокарбонатно-кальцієвого складу, що загалом характерно для цього регіону. Вздовж течії річки відсутніх змін у складі вод не спостерігалось. Практично у всіх пробах зафіксовано підвищений вміст йонів амонію, що свідчить про потрапляння у річку побутових стоків. Води достатньо насичені киснем. Низькі концентрації деяких компонентів, ймовірно, зумовлені відносно великою протяжністю ріки Опір та її приток, гірською місцевістю та достатньою здатніс-

тю до самоочищення. Найкращою вважається якість води у пробі, відібраної з річки Опір поблизу с. Опорець, яку можна вважати фоновую, найгіршою – проби, відібрані з річки Славська. Усереднені показники якості води та екологічного стану річки Опір на досліджуваній ділянці наступні: за індексом забрудненості води – клас II, помірно чисті, 2-3 категорії (чисті – помірно забруднені); за індексом рівня забруднення води – слабо забруднена; за індексом гідроекологічного потенціалу – тривожний (напружений) стан водної екосистеми, задовільна категорія природно-техногенної безпеки водної екосистеми. Здатність водної екосистеми до самоочищення – середня, а загальна оцінка – напруження адаптації. Використання екосистемного підходу до аналізу якості поверхневих вод дозволить оцінити екологічний ризик, що враховує здатність водної екосистеми до самовідновлення, тривалість та віддаленість до джерела антропогенного тиску.

Ключові слова: річка Опір, поверхневі води, гідрохімічні показники, екологічний стан.

Lilia KROPYVNYTSKA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Biology and Chemistry, Ivan Franko Drohobych State Pedagogical University, Ivana Franka str., 24, Drohobych, Lviv region, Ukraine, 82100

ORCID: 0000-0002-4419-3727

Olena STADNICHUK

Candidate of Chemical Sciences, Research Fellow of the Research Laboratory (Analysis and Forecasting of Emergencies), Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Heroiv Maidanu Str., 32, Lviv, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-9710-9015

Scopus Author ID: 9134184100

Liudmyla KUCHER

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Management of Routine Military Activities and Logistics, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Heroiv Maidanu Str., 32, Lviv, Lviv region, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-9592-7153

Oleh SHEREMETA

Lecturer of the Department of the department of tactics of combat (operational) support units, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, Heroiv Maidanu Str., 32, Lviv, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0002-1438-8400

Mykola PLATONOV

Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher, leading researcher of Scientific and Organizational Department, Hetman Petro Sahaidachnyi National Army Academy, vul. Heroiv Maidan 32, Lviv, Lviv region, Ukraine, 29026

ORCID: 0000-0003-4547-9273

Scopus Author ID: 8636372100

To cite this article: Kropyvnytska, L.; Stadnichuk, O.; Kucher, L., Sheremeta, O., Platonov, M. (2022). Otsinka ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod richky Opir [Assessment of the ecological state of the surface water condition of the Opir river]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 49–58, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-7>

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF THE SURFACE WATER CONDITION OF THE OPIR RIVER

Russian aggressors are increasingly targeting Ukraine's critical infrastructure, leaving the civilian population without electricity, heating and central water supply. Military operations force the population to migrate and stay, mainly in the western regions of Ukraine, increasing the anthropogenic load. Therefore, constant monitoring of biological resources

is one of the mandatory and key tasks that allow monitoring the ecological state of existing water ecosystems. The best indicator of the ecological state of the environment is small rivers near settlements, which quickly respond to changes in anthropogenic loads. The purpose of the study: determination of the ecological state of the Opir River basin within the area of the village. Oporets (from the source of the river) to the village. Grebeniv According to hydrochemical indicators, the surface waters of the Opir River within the Oporets – Grebeniv village section can be considered satisfactory. Surface waters are neutral, weakly mineralized, with a hydrocarbonate-calcium composition, which is generally characteristic of this region. Along the course of the river, no noticeable changes in the composition of the waters were observed. In almost all samples, an increased content of ammonium ions was recorded, which indicates that domestic sewage has entered the river. The waters are sufficiently saturated with oxygen. Low concentrations of some components are probably due to the relatively long length of the Opir River and its tributary, mountainous terrain and sufficient self-purification capacity. The quality of water in the sample taken from the Opir River near the village is considered to be the best. Oporets, which can be considered background, is the worst – samples taken from the Slavaska River. The average indicators of water quality and ecological condition of the Opir River in the studied area are as follows: according to the water pollution index – class II, moderately clean, 2-3 categories (clean – moderately polluted); according to the water pollution level index – slightly polluted; according to the index of hydro-ecological potential – alarming (stressed) state of the water ecosystem, satisfactory category of natural and man-made safety of the water ecosystem. The ability of the aquatic ecosystem to self-purify is average, and the overall assessment is adaptation stress. The use of the ecosystem approach to the analysis of the quality of surface water will allow to assess the ecological risk, which takes into account the ability of the water ecosystem to self-restore, the duration and distance from the source of anthropogenic pressure.

Key words: *Opir river, surface water, hydrochemical parameters, ecological condition.*

Актуальність проблеми:

В умовах сьогодення, поряд з іншими викликами перед Україною актуальним є питання щодо обліку та контролю біоресурсів. Головно через постійно зростаючий антропогенний тиск на екосистему західного регіону, спричинений вимушеним переміщенням громадян з тимчасово-окупованих, прифронтових та прилеглих до них територій. Таке різке локальне зростання населення області веде до збільшення витрат водних та енергетичних ресурсів та збільшення кількості антропогенних забруднень екосистеми. Додаткову загрозу несуть цілеспрямовані терористичні атаки на критичну інфраструктуру України, спричиняючи перебої у системах енерго- та водозабезпечення, що спонукає населення використовувати у побуті воду з прилеглих природних джерел, часто без термічної обробки. Споживання води, що не відповідає стандартам певної категорії якості негативно впливає на здоров'я людей (Stadnichuk, Kropyvnytska & Platonov, 2019). Тому постійний екологічний моніторинг водних біоресурсів є однією з обов'язкових і ключових завдань, що дозволяють відслідковувати стан наявних водних ресурсів.

Малі річки завжди виступали ефективним індикаторами змін екологічного стану довкілля (Нестерова, Шарков & Нестеров, 2019; Лавринюк, Караїм & Гулай, 2021). Враховуючи добре розвинену інфраструктуру, транспортне сполучення та віддаленість від бойових дій, значна частина внутрішньо-переміщених осіб, які були змушені в наслідок російської збройної агресії

залишити свої домівки, зосередили своє перебування у західних регіонах України, зокрема в Карпатах, головно, у відомих курортних місцях. Одним з таких є Славська селищна громада у Стрийському районі Львівської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій: Дослідження антропогенної діяльності на території Національного природного парку «Сколівські Бескиди» проводяться досить часто (Крепеняк, 2013; Вовкунович, Роман & Чундак, 2020). Проте екологічний стан малих річок Карпат, що протікають за межами парку вивчається точково і майже не узагальнюється (Снітинський, Хірівський & Гнатів, 2020; Кропивницька, Стаднічук & Каршень, 2021). Періодичний моніторинг якості поверхневих вод деяких джерел, потічків та річок, що входять до басейну річки Опір, який проводився до лютого 2022 року оцінювали екологічний стан як задовільний (Stadnichuk, Martyniuk & Kropyvnytska, 2018; Босак, Король & Луцик, 2019; Вовкунович, Роман & Чундак, 2020). Перевищення норм було виявлено лише за окремими гідрохімічними показниками. Водночас, аналіз якості вод було зроблено лише за порівнянням з встановленими для певної категорії вод граничнодопустимих концентрацій (ГДК). Це не дозволяє повноцінно оцінити водні екосистеми, а нормативно-методичний підхід до визначення кількісних характеристик потребує змін (Giri, Qiu, 2016; Rybalova, Artemiev & Filenko, 2018; Lenty Noya, Nany & Ramadhani Maharlika, 2020).

Мета дослідження: визначення екологічного стану басейну річки Опір і межах ділянки

с. Опорець (від витоку річки) до с. Гребенів в межах Славської селищної громади.

Виклад основного матеріалу: Малі річки є вихідним пунктом всієї річкової мережі, які формують гідрохімічні умови цих водних ресурсів безпосередньо впливаючи на якість води. Водні ресурси малих річок тісно пов'язані з ландшафтом та часто є єдиними джерелами місцевого водопостачання.

Дослідження якості води та екологічного стану річки Опір проводились на проміжку від витоку (перед с. Опорець) до початку села Гребенів. Оскільки найбільш репрезентативною ділянкою дослідження басейну річки по відношенню до антропогенного впливу на водну екосистему є гирлова частина (Писанко, 2018), то для дослідження екологічного стану річки Опір відбирали проби природної води, що формують її стік, у 5 точках, з яких 4 – «гирлова» частина приток: проба № 1 – річка Цигла (Либихора) в центральній частині села Тухля, проба № 2 річка Головчанка на початку села Тухля; проба № 3 – річка Рожанка за 200 м від зупинки «село Рожаночка», проба № 4 – річка Славська (Славка) в центрі смт. Славсько; проба № 5 відібрана з річки Опір перед селом Опорець, оскільки місце забору знаходиться на відстані 4 км від витоку в місцевості з практично нульовим антропогенним навантаженням, пробу обрано еталонною.

Дослідження проводили у бездощовий період (відсутність опадів понад 10 календарних днів) впродовж 2021-2022 років (осінь-зима-весна-літо), відповідно до основних гідрологічних сезонів, характерних для усіх гірських

річок басейну річки Опір: весняної повені, літньої, осінньої та зимової межені а також літніх і осінніх паводків.

Оцінка екологічного стану річки Опір здійснювалась на основі аналізу гідрохімічних показників (співставлення з нормальними значеннями ГДК) та розрахунку таких показників як: індекс забруднення води (ІЗВ), індекс рівня забруднення води (РЗ) та індекс гідроекологічного потенціалу (ІГЕП) (табл. 1).

Під час дослідження використовували польовий (безпосередній відбір проби, визначення органолептичних показників, проведення експрес-тест аналізів) та лабораторний методи (дослідження вмісту гідрохімічних компонентів у зразках). Лабораторний аналіз відібраних проб проводили на базі Дрогобицького педагогічного державного університету. Дослідження проводили стандартними органолептичними та фізико-хімічними методами оцінки вмісту природних вод, визначених нормативними документами (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Одержані результати опрацьовували за допомогою програмного забезпечення Microsoft Office Excel.

Основними показниками, що визначались, були: температура, рН, БСК₅, вміст завислих часток розчиненого кисню, нітрат, нітрит, сульфат, хлорид йонів, а також йонів амонію, феруму, кальцію та магнію.

Результати аналітичних досліджень досліджуваних проб виявили відхилення від норми ГДК лише за окремими загально-санітарними та токсикологічними показниками, зокрема вмісті: завислих речовин (на 3,1 – 15,1 мг/дм³), розчиненого кисню (на 1,6 – 6,1 мгО₂/дм³), нітратів

Таблиця 1

Розрахунок індексів забрудненості, рівня забруднення та гідроекологічного потенціалу води

Індекс	Формула ¹	Джерело
Індекс забрудненості води	$ІЗВ = \sum_{i=1}^n \frac{C_i / C(ГДК)_i}{n}$	ДСанПіН 2.2.4-171-10
Індекс рівня забруднення води	$P_{ji} = \sqrt{\frac{\left[\frac{C_{ji}}{C(ГДК)_{ji}} \right]_{\max}^2 + \left[\frac{C_i}{C(ГДК)_{ji}} \right]_{\text{сер}}^2}{2}}$	Lenty Hoya, Nany & Ramadhani Maharlika, 2020
Індекс гідроекологічного потенціалу	$ІГЕП = \frac{1}{n} \left(\sum_{i=1}^n \frac{C(ГДК)_i}{C_i} - \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C(ГДК)_i} \right)$	Архипова, 2011

Примітка: ¹ C(ГДК)_{ij} – граничнодопустимий (стандартний) параметр якості води для кожного параметра якості води (j) мг/дм³; C_i – виміряні параметри якості води, мг/дм³; (C_{ij}/C(ГДК)_{ij})_{max}, (C_{ij}/C(ГДК)_{ij})_{сер} – максимальне та середнє арифметичне значення відношення C_{ij}/C(ГДК)_{ij}; P_{ij} – індекс рівня забруднення для певної категорії якості води (j) (питної, для рибогосподарства тощо); n – число показників, що використовують для розрахунку індексу

(на 12,4 – 25,1 мг/дм³), нітритів (на 0,02 мг/дм³), йонів амонію (0,4 – 2,0 мг/дм³). У показниках запаху, прозорості та кольоровості усіх досліджуваних проб відхилень від допустимих значень не спостерігалось. Прозорість коливається в межах 25-35 см, кольоровість – від 7° до 10°, запах – менше 2 балів. Перевищення кількості завислих речовин майже у 1,5 рази на окремих ділянках річок Славська та Рожанка можна пояснити наявністю місць миття автомобілів, квадроциклів та іншої техніки, вивітрюванням лісового ґрунту, який стікає в річку, та сильною течією потоку, яка розмиває береги річки.

Мінералізація досліджуваних проб води відносно не висока (максимальна 352 мг/дм³, мінімальна 20,1 мг/дм³), і корелюється із попередніми дослідженнями (Stadnichuk, Martyniuk, Kropyvnytska, 2018; Босак, Король, Луцик, 2019; Вовкунович, Роман, Чундак, 2020). При цьому визначено залежність, відповідно до якої мінералізація зростає із збільшенням густоти і чисельності населених пунктів.

За твердістю вода досліджуваних проб обраного регіону відноситься до м'якої та середньо-твердої (від 2,5 ммоль/дм³ до 4,2 ммоль/дм³), гідрокарбонатно-кальцієвого класу з переважанням іонів HCO₃⁻ і Ca²⁺ (максимально тверда вода у пробах № 2 та № 4). Вміст Ca²⁺ у пробах коливається в межах від 35,6 до 148 мг/дм³, а Mg²⁺ – від 1,8 до 22,4 мг/дм³.

Незначне підвищення концентрації йонів Ca²⁺ класично спостерігається у меженні періоди, а зниження – у паводкові сезони. Відомо, що диференціація показників має чіткий проявляється під час зміни гідрологічних режимів (повінь, паводок, межень), особливо у період літньої (літньо-осінньої) межені. Збільшення кількості опадів та підвищення температури активізує процеси хімічного вивітрювання гірських порід.

Рівень рН проб становив 7,5÷8,2, що не перевищує нормативних значень. Влітку, поблизу місць значної концентрації населення фіксувалось зниження рівня рН, що пояснюється процесом розкладання органічних відходів життєдіяльності людей, який супроводжується цвітінням води і підвищеним споживанням кисню.

Рівень БСК₅ у досліджуваних зразках № 1, № 2, № 3 та № 5 був у межах 1,4 – 2,5 мгО₂/дм³, що не перевищує показники ГДК і свідчить про

відсутність/низький рівень органічного забруднення водойми. У пробі № 4 спостерігали перевищення норми у 1,6 рази.

Вміст хлоридів (від 12,5 мг/дм³ до 65,1 мг/дм³), сульфатів (від 16,8 мг/дм³ до 115,6 мг/дм³) та йонів феруму (від 0,04 мг/дм³ до 0,15 мг/дм³) знаходиться в межах норми.

Вміст нітратів перевищував норму у пробах № 1 (у 1,6 рази) та № 4 (у 1,3 рази), що пов'язано із антропогенними чинниками. Основним виявленим джерелом забруднення води були побутові стічні води та відходи тваринництва із прилеглих населених пунктів., що також підтверджується рівнем йонів амонію у пробах № 1, № 2, № 3, № 4, який був у межах 0,9-2,5 мг/дм³, що у 1,8-5 разів перевищує значення ГДК.

Перевищення допустимої концентрації нітритів у 11 разів виявлено у пробі № 3, у пробах № 1 та № 4 перевищення норми складало 1,2-3 рази, в той час як у пробах № 2 та № 5 показники знаходились у діапазоні 0,04 – 0,06 мг/дм³.

Отримані результати повністю корелюються з густиною забудови та зростанням чисельності населення у весняно-літній період 2022 року в долинах річок Славська, Рожанка й Цигла (проби № 1, № 3, № 4) та низьким антропогенним впливом на водну акваторію в точках відбору проб № 2 та № 5.

Розраховані індекси ІЗВ, РЗ та ПГЕП для досліджуваних зразків дозволили визначити ступінь забруднення водних екосистем та ідентифікувати рівень небезпеки антропогенного навантаження (табл. 2, рис. 1).

За усередненим ІЗВ досліджувані проби річок басейну Опір відносяться до 2 класу якості води – помірно чисті, за категорією якості води – 2,6, за рівнем забрудненості – на межі між чистою та помірно забрудненою. Чистими є проби, відібрані з гирла річки Головчанка та річки Опір перед селом Опорець, де техногенне навантаження мінімальне.

Усереднене значення РЗ для досліджуваної ділянки річки Опір становить 4,5 од., що відповідає слабкому рівню забруднення з виявленим точковим сильним забрудненням в межах відбору проби № 3 (РЗ – 11 од.).

Отримані індекси ІЗВ та РЗ дозволяють оцінити та розробити заходи з покращення якості води. Поряд з тим ПГЕП дозволяє оцінити

буферну здатність водної екосистеми, допустимий антропогенний вплив на водне середовище для збереження екологічної рівноваги та стійкості розвитку водних об'єктів індекс гідро-екологічного потенціалу річок басейну річки Опір розраховували на основі 15 показників усіх груп. На досліджуваній ділянці ІГЕП змінюється в межах від 0,36 до 5,48. Значення ІГЕП для проби № 4 у 0,36 од. вказує на перевищення ГДК за кількома показниками та перебуває у зоні песимуму з низькою здатністю водної екосистеми до самоочищення і незадовільною категорією природно-техногенної безпеки

річки Славська. Усереднене значення ІГЕП становить 2,51 од, що вказує на тривожний (напружений) стан водної екосистеми та задовільну категорію природно-техногенної безпеки водної екосистеми. Здатність водної екосистеми до самоочищення – середня, а загальна оцінка гідроекологічного потенціалу – «напруження-адаптації».

Встановлено, що сезонні коливання, пов'язані із зміною водності (рис. 2, рис. 3, рис. 4) впливають на ІЗВ, РЗ та ІГЕП залежно від антропогенного тиску на водну систему. Для річок Головчанка, Цигла та Опір (у с. Опорець)

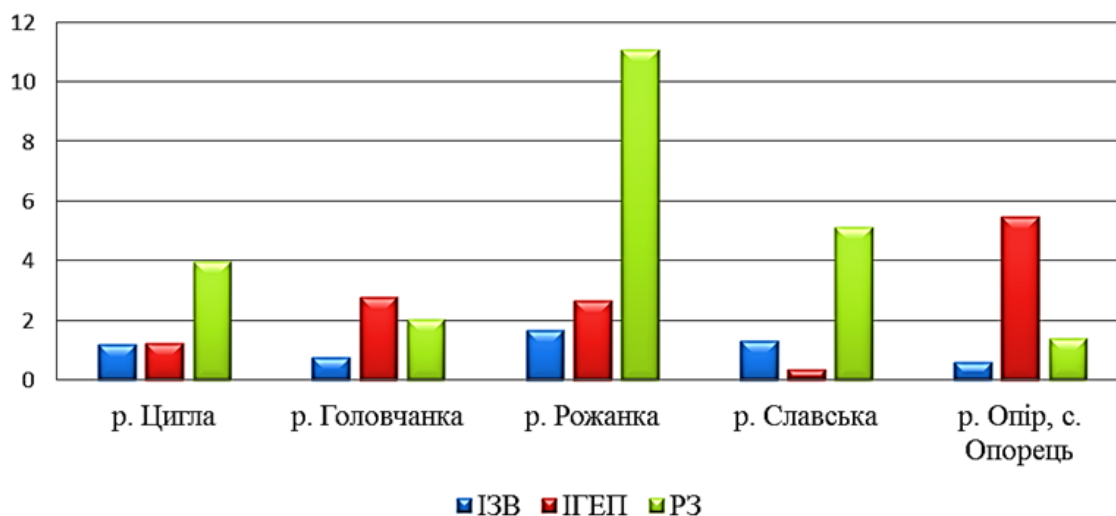


Рис. 1. Усереднені значення індексу забрудненості води, індексу рівня забрудненості води та індексу гідроекологічного потенціалу за 2022 рік

Таблиця 2

Якість води досліджуваних проб за індексом якості води, індексом забрудненості води, індексом рівня забруднення води та індексом гідроекологічного потенціалу

Характеристика		Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5
ІЗВ	Числове значення	1,19	0,77	1,68	1,23	0,52
	Клас якості води	II				
	Категорія якості води	Помірно чисті				
	Рівень забрудненості води	3	2	3	3	2
	Категорія якості води	помірно забруднені	чисті	помірно забруднені	помірно забруднені	чисті
ІГЕП	Числове значення	1,24	2,8	2,67	0,36	5,48
	Оцінка	напружений			песимум	Фонова зона буферності
	Здатність водної екосистеми до самоочищення	середня	середня	середня	низька	максимально можлива
	Категорія природно-техногенної безпеки водної екосистеми	Задовільна			незадовільна	еталонна
	Стан водної екосистеми	Тривожний/напружений			конфліктний	сприятливий
РЗ	Числове значення	4,0	2,0	11,1	4,0	1,4
	Забрудненість	слабка	слабка	сильна	слабка	слабка

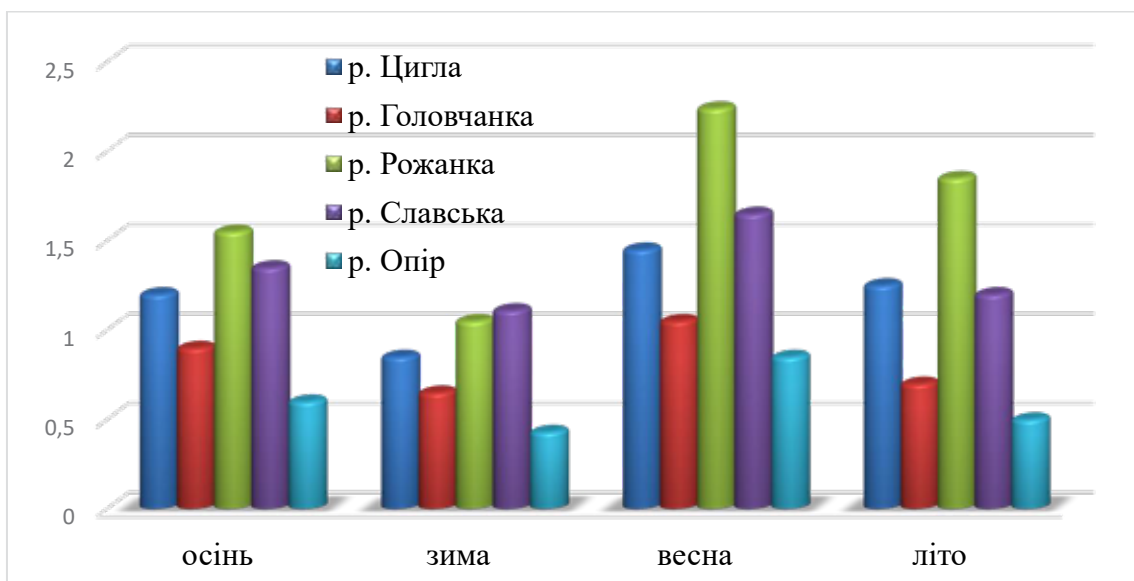


Рис. 2. Сезонні коливання індексу забрудненості води (ІЗВ)

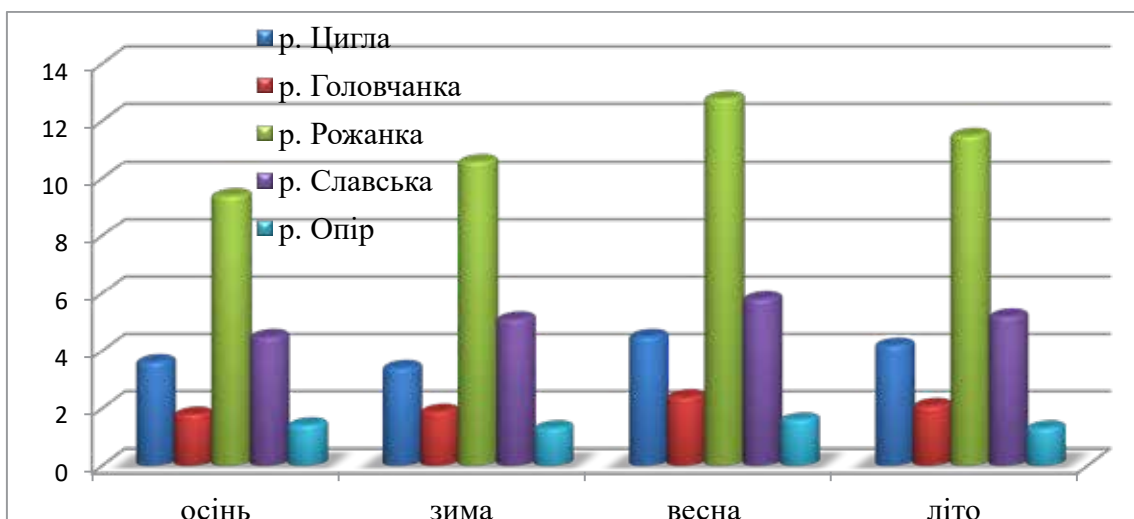


Рис. 3. Сезонні коливання індексу рівня забрудненості води (РЗ)

сезонні коливання несуттєві: максимальні весною, мінімальні – взимку, в той час як для річок Рожанка та Славська, де сконцентрована найбільша кількість туристично-рекреаційних закладів: мінімальне навантаження восени, а максимальне – навесні.

Для ІГЕП максимальне значення припадає на осінь 2021 року, а мінімальне – на весну літо 2022 року, що не типово, оскільки навесні вищий вегетаційний період і діяльність гідробіонтів активізується, а на зиму їхня кількість зменшується, відповідно максимальне значення мало б бути навесні (Архипова, 2011; Кропивницька, Стаднічук, Каршень, 2021). В цьому випадку відхилення показників ІГЕП пояснюється масовим переселенням населення

у зв'язку повномасштабним вторгненням російських військ на територію України у лютому 2022 року. Як наслідок значно збільшене антропогенне навантаження на всі екосистеми заходу країни у сукупності з холодною та сухою весною спричинило неконтрольоване (точкове) антропогенне навантаження і як результат – зниження ІГЕП.

Вплив антропогенного навантаження можна чітко прослідкується на графіках, так незалежно від сезону річка Славська постійно перебуває у зоні песимуму потенціалу (мінімальне значення 0,1 весною та максимальне значення 0,75), а річка Опір в межах села Опорець у зоні оптимуму потенціалу (5,3 – 5,5). Восени показники ІГЕП для річок Рожанка і Головчанка

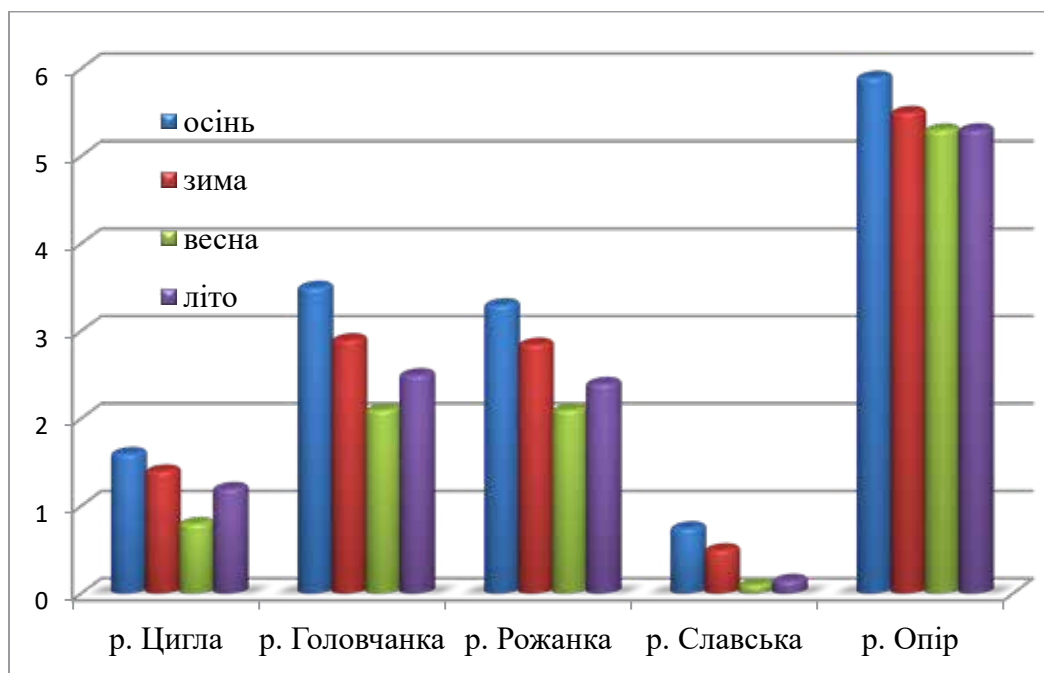


Рис. 4. Сезонні коливання індексу гідроекологічного потенціалу (ІГЕП)

були оцінені як «зона оптимуму потенціалу», а для річки Цигла – як «напруження адаптації». Взимку спостерігається зниження ІГЕП, пов'язане із періодом межені, погіршенням кисневого режиму внаслідок льодоставу, збільшенням мінералізації води, що змінює оцінку: для річок Цигла, Головчанка та Рожанка до зони «напруження адаптації». Навесні для річок Цигла, Рожанка та Головчанка спостерігалось мінімальне значення (від 0,8 до 2,1), що відповідає «зоні песимуму потенціалу» для річки Цигла та «напруження адаптації» для інших. В літній період показник ІГЕП збільшується і ці три річки перейшли в зону «напруження адаптації». Це пояснюється пришвидшенням хімічних, біохімічних, фотосинтетичних та інших реакцій у весняно-літній період, а також зменшенням антропогенного тиску на екосистему порівняно з весняним періодом, у зв'язку з поверненням частини населення на звільнені території.

Загалом, за гідрохімічними показниками поверхневі води річки Опір в межах ділянки села Опорець – села Тухля можна вважати задовільними. Поверхневі води є нейтральними, слабомінералізованими, гідрокарбонатно-кальцієвого складу, що загалом характерно для цього регіону. Вздовж течії річки відсутніх змін у складі вод не спостерігалось. У всіх пробах, окрім № 5 зафіксовано підвищений вміст

йонів амонію, що свідчить про забруднення органічними стоками. Води достатньо насичені киснем. Низькі концентрації деяких компонентів, ймовірно, зумовлені відносно великою протяжністю ріки Опір та її приток, гірською місцевістю та достатньою здатністю до самоочищення. Найкращою вважається якість води у пробі № 5, яку можна вважати фоновією, найгіршою – проби, відібрані з річки Славська. Усереднені показники якості води та екологічного стану річки Опір на ділянці село Опорець – село Гребенів наступні:

- за індексом забрудненості води – клас II, помірно чисті, 2-3 категорії (чисті – помірно забруднені);
- за індексом рівня забруднення води – слабо забруднена;
- за індексом гідроекологічного потенціалу – тривожний (напружений) стан водної екосистеми, задовільна категорія природно-техногенної безпеки водної екосистеми. Здатність водної екосистеми до самоочищення – середня, а загальна оцінка – напруження адаптації.

Загалом можна вважати, що води досліджуваного басейну є придатними для задоволення потреб населення у випадку відключення центрального водопостачання, а їх здатність до само рекреації дозволяє використовувати їх впродовж усього року, окрім місць локального сильного сезонного забруднення.

Використання екосистемного підходу до аналізу якості поверхневих вод дозволило комплексно оцінити екологічний ризик з врахуванням здатності водної екосистеми до самовідновлення, віддаленості до джерела антропогенного тиску а також його тривалості. Подальший моніторинг акваторії дже-

рел в регіонах концентрації вимушених внутрішньо-переміщених осіб, дає можливість не лише оцінити ризик розвитку деградаційних процесів обраного басейну а й оцінити стан водних ресурсів та можливість їх застосування у випадку відключення центрального водопостачання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Архипова Л.М. Природно-техногенна безпека гідроекосистем. Івано-Франківськ. 2011. 355 с.
2. Босак П.В., Король К.А., Луцик А.Г. Екологічна характеристика річок у Славському Львівської області. *Вісник ЛДУБЖД*. 2019. № 20. С. 80-84. DOI: 10.32447/20784643.20.2019.11
3. Вовкунович М.І., Роман Л.Ю., Чундак С.Ю. Антропогенна діяльність на території НПП «Сколівські бескиди» та її вплив на екологічний стан гідромережі. *Наук. вісник Ужгород. ун-ту (Сер. Хімія)*. 2020. № 1 (43). С. 86-91. DOI: 10.24144/2414-0260.2020.1.86-91.
4. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10). Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 року № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
5. Кепеняк Н.М. Гідрологічна мережа національного природного парку «Сколівські Бескиди» та її використання в географії. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2013 № 3-4. С. 128-137.
6. Кропивницька Л., Стаднічук О., Каршень А. Сезонна мінливість екологічного стану природних вод гірської частини річки Стрий. *Acta Carpathica*. 2021. № 2. С. 33-43. DOI:<https://doi.org/10.32782/2450-8640.2021.2.4>
7. Лавринюк, З., Караїм, О., Гулай, Л. Гідрохімічний аналіз та особливості використання поверхневих вод річки Оконка. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2021. 3. С. 24–29. <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-4>
8. Нестерова О.В., Шарков В.В., Журавльова О.А., Нестеров Я.С. Проблеми басейнів малих річок. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 5 (257-258) DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.221019.68.524.
9. Писанко Я.І. Екологічне прогнозування стану розвитку техногенно-зміненої гирлової ділянки річки Ірпінь. *Вісник КрНУ ім. М. Остроградського*. 2018. № 4. С. 109–114. DOI: 10.30929/1995-0519.2018.4.109-114
10. Снітинський В.В., Хірівський П.Р., Гнатів І.Р. Особливості формування поверхневого стоку гірських річок за вирубки лісів та розорювання схилених територій. *Науково-практичний журнал. Екологічні науки*. 2020. № 3(30). С. 73-77. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.3-30.12>.
11. Giri S, Qiu Z. Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *J Environ Manage*. 2016. 15; 173:41-8. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.02.029.
12. Lenty Hoya A., Nany Y., Utomo S., Ramadhani Maharlika A. Water quality assessment and control efforts use the pollution index method in the Sikendil river. *E3S Web of Conferences 202*. 2020. DOI:<https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020206039>
13. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsybmal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of estimation methods of environmental risk degrading the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. № 2/10 (92) P. 4-17. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.127829
14. Stadnichuk O., Kropyvnytska L., Kucher L., Martyniuk I., Platonov M. The Impact of the mineral water composition on the population health. *Periodyk naukowy Akademii Polonijnej*. 2019. 34 nr 3, s. 91-98. DOI:<https://doi.org/10.23856/3411>
15. Stadnichuk O., Martyniuk I., Kropyvnytska L. The evaluation of the hydroecosystem (natural waters) toxicity in Turka and Skole districts of Lviv region. *Human health: realities and prospects. Monographic series. V. 3. «Health and nutrition»*, edited by Nadiya Skotna. Drohobych: Posvit, 2018, P. 117-130

REFERENCES:

1. Arkhypova L.M. (2011) Pryrodno-tekhnohenna bezpeka hidroekosystem [Natural and man-made safety of hydroecosystems]. Ivano-Frankivsk. [In Ukrainian].
2. Bosak P.V., Korol K.A. & Lutsyk A.H. (2019). Ekolohichna kharakterystyka richok u Slavskomu Lvivskoyi oblasti [Ecological characteristics of rivers in Slavsky, Lviv region]. *Visnyk LDUBZHD – Bulletin of the LDUBZH*. 20. 80-84. [In Ukrainian].
3. Vovkunovich M.I., Roman L.Yu. & Chundak S.Yu. (2020). Antropohenna diyal'nist' na terytoriyi NPP «Skolivs'ki beskydy» ta yiyi vplyv na ekolohichnyy stan hidromerezhi [Anthropogenic activity on the territory of the NPP "Skolivski beskydy" and its influence on the hydrological state of the catchment area].

Beskydy" and its impact on the ecological state of the water network]. *Nauk. visnyk Uzhhorod. un-tu (Ser. Khimiya) – Science Herald of Uzhgorod. university (Ser. Chemistry)*. 1 (43). 86-91. [In Ukrainian].

4. Derzhavni sanitarni normy ta pravyla «Hihiyenichni vymohy do vody pytynoyi, pryznachenoji dlya spozhyvannya lyudynoyu» (DSanPiN 2.2.4-171-10). [State sanitary norms and rules are the «Hygienical requirements to the water drinkable, intended for a consumption a man» (DSanPiN 2.2.4-171-10)]. Order of the Ministry of Health of Ukraine. *May, 12, 2010. № 400*. [in Ukrainian]

5. Kepyenyak N.M. (2013). Hidrolohichna merezha natsional'noho pryrodnoho parku «Skolivs'ki Beskydy» ta yiyi vykorystannya v heohrafiyi [The hydrological network of the Skolivski Beskydy National Nature Park and its use in geography]. *Lyudyna ta dovkillya. Problemy neoekolohiyi – Man and environment. Problems of neoecology*. 3-4. [In Ukrainian].

6. Kropyvnytska L., Stadnichuk O. & Karshen A. (2021). Sezonna minlyvist' ekolohichnoho stanu pryrodnykh vod hirs'koyi chastyny richky Stryy [Seasonal variability of the environmental condition of the natural waters of the his part of the Stry river]. *Acta Carpathica*. 2. 33-43. [In Ukrainian].

7. Lavrynyuk Z., Karaim O. & Gulay L. (2021). Hidrokhimichnyy analiz ta osoblyvosti vykorystannya poverkhnevnykh vod richky Okonka [Hydrochemical analysis and features of the use of the surface waters of the Okonka river]. *Problemy khimiyi ta staloho rozvytku – Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 3, 24-29. <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-3-4>. [In Ukrainian].

8. Nesterova O.V., Sharkov V.V., Zhuravlyova O.A. & Nesterov Ya.S. (2019). Problemy baseyniv malykh richok [Problems of small river basins]. *Visnyk Prydniprovskoyi derzhavnoyi akademiyi budivnytstva ta arkhitektury – Bulletin of the Dnipro State Academy of Construction and Architecture*. 5. (257-258). [In Ukrainian].

9. Pysanko Ya.I. (2018) Ekolohichne prohnozuvannya stanu rozvytku tekhnohenko-zminenoyi hyrlovoyi dilyanky richky Irpin [Ecological forecasting of the state of development of the technogenically altered estuarine section of the Irpin River]. *Visnyk KrNU im. M. Ostrohradskoho – Bulletin of KrNU named after M. Ostrogradskyi*. 4.109-114. [In Ukrainian].

10. Snitynskyi V., Khirivskyi P. & Hnativ I. (2020) Osoblyvosti formuvannya poverkhnevoho stoku hirs'kykh richok za vyrubky lisiv ta rozoryuvannya skhylovykh terytoriy [Features of surface runoff formation of mountain rivers during deforestation and plowing of slope areas]. *Naukovo-praktychnyy zhurnal. Ekolohichni nauky – Scientific and practical journal. Environmental sciences*. 3(30). C. 73-77. [In Ukrainian].

11. Giri S & Qiu Z. (2016). Understanding the relationship of land uses and water quality in Twenty First Century: A review. *J Environ Manage*. 15; 173:41-8. DOI: 10.1016/j.jenvman.2016.02.029. [in English]

12. Lenty Hoya A., Nany Y., Utomo S., Ramadhani Maharlika A. (2020) Water quality assessment and control efforts use the pollution index method in the Sikendil river. *E3S Web of Conferences 202*. [in English]

13. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., et.al. (2018). Development of estimation methods of environmental risk degrading the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2/10 (92). 4-17. [in English]

14. Stadnichuk O., Kropyvnytska L., Kucher L., Martyniuk I., Platonov M. (2019). The Impact of the mineral water composition on the population health// *Periodyk naukowy Akademii Polonijnej, Częstochowa, Akademia Polonijna w Częstochowie*, 34 nr 3, s. 91-98. DOI: <https://doi.org/10.23856/3411> [in English]

15. Stadnichuk O., Martyniuk I., Kropyvnytska L. (2018). The evaluation of the hydroecosystem (natural waters) toxicity in Turka and Skole districts of Lviv region. *Human health: realities and prospects. Monographic series*. V. 3. «Health and nutrition», edited by Nadiya Skotna. Drohobych: Posvit, P. 117-130 [in English]