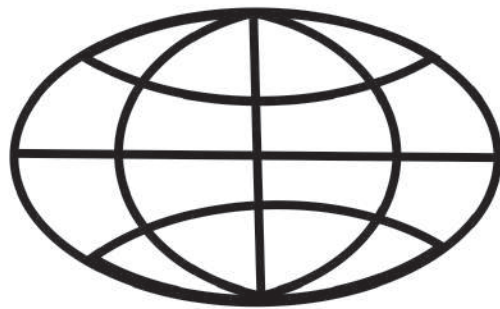


№1, 2022. (Випуск 52)
ISSN 2311-3383

НАУКОВІ ЗАПИСКИ

Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка



Серія: Географія



ББК 26.8

Н 34

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія. – Тернопіль: СМП "Тайп". – №1 (випуск 52). – 2022. – 236 с.

ISSN 2311-3383 (print) ISSN 2519-4577 (online)

DOI <https://doi.org/10.25128/2519-4577>

Адреса видавця: 46027, Україна, м.Тернопіль, вул. М.Кривоноса 2, каб. 130. Веб-сайт: <http://nzg.tnpu.edu.ua/>

Засновано у листопаді 1997 року. Виходить 2 рази на рік.

Друкується за рішенням Вченої Ради Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Андрейчук В'ячеслав – д.геог.н., професор, Державна вища школа імені Папи Іоанна Павла II в Білій Підляській (Польща).

Брич В.Я. – д.екон.н., професор, Західноукраїнський національний університет.

Заставецька Л.Б. – д.геог.н., професор, Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Кавецький Ігор – д.геог.н., професор, Щецинський університет (Польща).

Ковальчук І.П. – д.геог.н., професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Кшеминь Казімеж – д.геог.н., професор, Ягелонський університет (Польща).

Максименко Н.В. - д.геог.н., доцент, Харківський національний університет ім. В.Н.Каразіна.

Петлін В.М. – д.геог.н., професор, Волинський національний університет імені Лесі Українки.

Позняк С.П. – д.геог.н., професор, Львівський національний університет імені Івана Франка.

Рудько Г.І. – д.геог.н., д.техн.н., д.геол.-мін.н, професор, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

Сивий М.Я. – д.геог.н., професор (головний редактор), Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Царик Л.П. – д.геог.н., професор, (заступник головного редактора) Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Чемпрух Йоланта – д.пед.н., професор, Університет Яна Кохановського в Кельце (Польща).

Царик П.Л. – к.геог.н., доцент (відповідальний секретар), Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка.

Збірник входить до переліку наукових фахових видань ВАК України.

Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15878-4350Р від 12.10.2010 р.

Затверджено наказом МОіН № 886 від 02.07.2020р. в якості фахового видання

категорії «Б». згідно рішення Атестаційної комісії за спеціальностями

106. Географія, 103. Науки про Землю, 101. Екологія, 242. Туризм

Збірник входить до української реферативної бази даних "Україніка наукова". Матеріали індексуються Google Scholar, Journal Factor, Jifactor.

Статті опубліковані в журналі отримують міжнародний індекс DOI.

Автори опублікованих матеріалів несуть повну відповідальність за добір, точність наведених фактів, цитат, власних імен та інших відомостей.

ББК 26.8

Н 34

© Тернопільський національний педагогічний університет,
імені Володимира Гнатюка, 2022

LBK 26.8

S 34

Scientific Notes Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University. Series: Geography. - Ternopil: SMP "Tayp". – № 1 (Issue 52). – 2022. – 236 p.

ISSN 2311-3383 (print) ISSN 2519-4577 (online)

DOI <https://doi.org/10.25128/2519-4577>

Publisher Address: 46027, Ukraine, Ternopil, st. M.Kryvonosa 2, cab. 130. Web: <http://nzg.tnpu.edu.ua/>

Founded in November 1997. So 2 times a year.

Published by the decision of the Academic Council of Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University.

EDITORIAL BOARD:

Andreychuk Vyacheslav – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Pope John Paul II state school of higher education in Biala Podlaska (Poland).

Breech V.Ya. – Doctor of Economics, Professor, West Ukrainian National University.

Kavetskyy Igor – Doctor of Earth Sciences, Professor, Szczecin University (Poland).

Kovalchuk I.P. – Doctor of Geographical Sciences, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

Kshemin KazImezh – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Jagiellonian University (Poland).

Maksymenko N.V. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, V. N. Karazin Kharkiv National University.

Petlin V.M. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Lesya Ukrainka Volyn National University.

Poznyak S.P. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Lviv National Ivan Franko University.

Rud'ko G.I. – Doctor of Geographical Sciences, Doctor of Engineering, Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Professor, State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management.

Shzempruch Jolanta – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, University Jana Kochanowskiego w Kielcach.

Siviy M.Ya. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, (editor in Chief), Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University.

Tsaryk L.P. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, (Deputy Editor-in-Chief) Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University.

Zastavetska L.B. – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University.

Tsaryk P.L. – Candidate of Geographical Sciences, docent, executive Secretary, Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University.

The journal is listed as scientific professional editions of Ukraine. Certificate of state registration: KV-4350R № 15878 from 12.10.2010.

Approved by the order of the Ministry of Education and Science № 886 dated 02.07.2020. as a professional publication category "B". according to the decision of the Certification commission on specialties

106. Geography, 103. Earth Sciences, 101. Ecology, 242. Tourism

Journal is part of Ukrainian abstract database "Ukrainika Naukova". Materials indexed by Google Scholar, Journal Factor, Jifactor.

Articles published in the magazine receive an international index DOI.

Authors of published material are responsible for the selection, accuracy of facts, quotations, proper names and other information.

LBK 26.8

S 34

© Ternopil National Volodymyr Hnatyuk
Pedagogical University, 2022

КОНСТРУКТИВНА ГЕОГРАФІЯ І ГЕОЕКОЛОГІЯ

УДК 504.455+005:65.01+528.88

DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.22.1.20>

Василь ФЕСЮК, Сергій ПОЛЯНСЬКИЙ, Тетяна КОПИТЮК

МЕТОДИКА ТА ПРАКТИЧНА ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДЗЗ
ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЙМ (НА ПРИКЛАДІ ТУРСЬКОГО
ОЗЕРА)

В статті розглянуто теоретико-методологічні та практичні аспекти дослідження евтрофікації водойм з використанням методів дистанційного зондування Землі. Проаналізовано чинники, що впливають на евтрофікацію водойм, можливості їх геоекологічного моніторингу з використанням ДЗЗ. Запропоновано комплекс заходів зменшення евтрофікації води та поліпшення гідроекологічного стану водойми на прикладі Турського озера (водосховища-накопичувача Турської осушувальної системи).

Ключові слова: озеро, евтрофікація озера, дослідження евтрофікації водойм з використанням методів дистанційного зондування Землі, заходи зменшення евтрофікації та поліпшення сучасного гідроекологічного стану Турського озера.

Постановка науково-практичної проблеми. Евтрофікація природних і штучних водойм на сьогодні є чинником, що суттєво погіршує їх гідроекологічний стан, можливості використання водойм у господарських цілях (водозабезпеченні, рибному господарстві, рекреації тощо), можливості надання екосистемних послуг природними комплексами, знижує біорізноманітність, створює загрози органічному світу водойм, а іноді й екологічній безпеці. Евтрофікація, за своєю суттю, є природним процесом. Вона проявляється не лише зараз, але й постійно. Загальний тренд цього процесу – повільне, поступове підвищення трофності водойми, яке з часом приводить до перетворення озера у болото. Нині в межах Волинської області є багато озер, які перебувають на різних стадіях цього процесу – окремі на початковій, а окремі (Нечимне, Мале, Рудно) і на фінальній стадії. Особливо чутливі до цього процесу невеликі, мілкі льодовикові чи заплавні озера із торфовим дном і низькими берегами.

Актуальність і новизна дослідження. Останнім часом в природний хід цього процесу активно втручається людина. Збільшується використання мінеральних добрив у с/г, фосфатовмісних синтетичних миючих засобів у побуті населення, що сприяє збільшенню виведення азоту і фосфору у водойми, інтенсифікації евтрофікації. Свій вплив чинять також зміни клімату. Зростання температури повітря, а для Волинської області за останні десятиліття вона зросла на 2,2°C, прискорює евтрофікацію. Зміна режиму випадання опадів з обложного на зливовий на фоні підвищення температури повітря приводить до зменшення рівня води в озерах, їх обміління, а це – збуджуючий чинник розвитку евтрофікації. Отже, прискорена евтрофікація природних та

штучних водойм Волинської області є актуальною гідроекологічною проблемою, а розробка шляхів зменшення та запобігання цьому процесу – важливим завданням, що стоїть перед органами місцевої влади, населенням та секторами економіки.

Зв'язок теми статті з важливими науково-практичними завданнями. Тематика статті є не лише актуальною з наукової точки зору, але й тісно пов'язана із напрямками поліпшення стану довкілля Волинської області, визначеними у Стратегії розвитку Волинської області на період до 2027 р., Регіональній екологічній програмі «Екологія 2016-22».

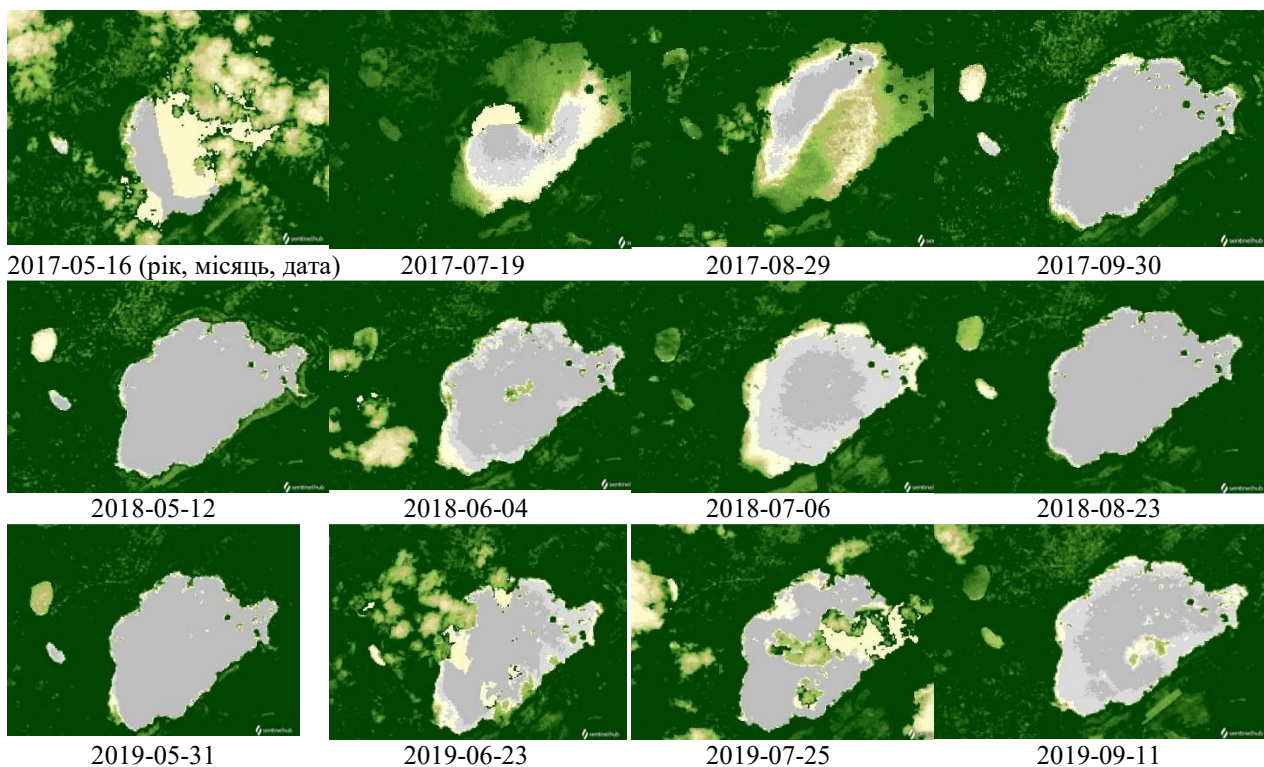
Аналіз останніх публікацій за темою дослідження. Початок наукового вивчення озер Полісся пов'язують із роботою Західної експедиції по осушенню боліт під керівництвом І.І. Жилінського (1873-1897 р.р.), працями П.А. Тутковського (1900-1912 р.р.), Г.Є. Бельського (1903 р.). В рамках роботи Бюро меліорації Полісся польськими вченими С. Ленцевичем, Е. Рюле, Є. Кондрацьким (1927-30 р.р.) було обстежено понад 70 поліських озер. Масштабні дослідження озер Волині проводились на кафедрі фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки Я.О. Мольчаком та Л.В. Ільїним [2]. Серед найсвіжіших робіт, що присвячені гідроекологічному стану поверхневих водних об'єктів Волинської області, варто відзначити колективну монографію [5]. Аспекти впливу осушувальної меліорації на стан водних об'єктів Волинської області оцінені у монографії Ф.В. Зузука, З.К.Карпюк, Л.К. Колошко [1]. Також питання геоекологічного стану водних об'єктів Волинської області, в т.ч. й озер, розглядаються у колективній монографії «Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного

стійкого розвитку Волинської області» за редакцією В.О. Фесюка [6]. Однак більшість досліджень озер у Волинській області були присвячені вивченню саме Шацьких озер. Комплексних досліджень інших волинських озер, а їх налічується в області 238, бракує. Це створює проблеми для їх наступного раціонального використання та охорони. Дослідженню евтрофікації озер присвячено багато праць європейських і американських дослідників [10, 12]. Питання оцінки якості водного середовища різноманітних водойм з використанням даних ДЗЗ розглянуті в працях О.Д. Федоровського, А.В. Хижняка, О.В. Томченко та інших дослідників [7-9].

Викладення основного матеріалу. Для оцінки інтенсивності евтрофікаційних процесів у Турському озері використано дані ДЗЗ, зокрема, за космічними знімками Landsat-8 визначено вегетаційний індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормалізований різницевий індекс рослинності, кількісний показник фотосинтетично-активної біомаси. Методика оцінки інтенсивності евтрофікаційних процесів у Турському озері за матеріалами ДЗЗ наступна: з допомогою застосування EO-browser ресурсу sentinel-hub.com здійснювався відбір супутникових знімків Landsat-8-9 L1 та L2 за період з 1.05.2017 р. до 1.10.2021 р.р. (рис. 1). Дані Landsat-8-9 L1 враховують відбиття атмосфери та температуру яскравості атмо-

сфери. Дані пройшли кілька етапів обробки, включаючи геометричні та радіометричні покращення. Дані Landsat-8-9 L2 генеруються з вхідних даних колекції L1, відповідають обмеженню сонячного Zenітного кута <76 ° і містять необхідні допоміжні дані для створення науково життєздатного продукту [11].

Дати знімків залежать від періодичності охоплення території супутниковою зйомкою (в спеціальній літературі це називається часовою розрізненістю), хмарності (для аналізу відбирались знімки із хмарністю <20%). Ресурс sentinel-hub.com є офіційним і безкоштовним сервісом Європейського космічного агентства (ESA). Додаток EO Browser надає доступ до повного архіву знімків супутників Sentinel-1, Sentinel-2, Sentinel-3, Sentinel-5P, Landsat 5, 7 і 8 від ESA, глобального покриття продуктів Landsat 8, Envisat Meris, MODIS, Proba-V і GIBS в одному місці та дозволяє переглядати та порівнювати зображення з повною роздільною здатністю з цих джерел [11]. Для цього потрібно зареєструватись, перейти до області, яка цікавить (AOI – Area of interest), вибрати джерело даних (супутник, місію), часовий діапазон, ступінь покриття неба хмарами та отримати відповідні дані у вигляді супутникового знімку. EO Browser дозволяє переглянути і зберегти знімки в різних комбінаціях каналів, в т.ч. і в комбінації для NDVI.



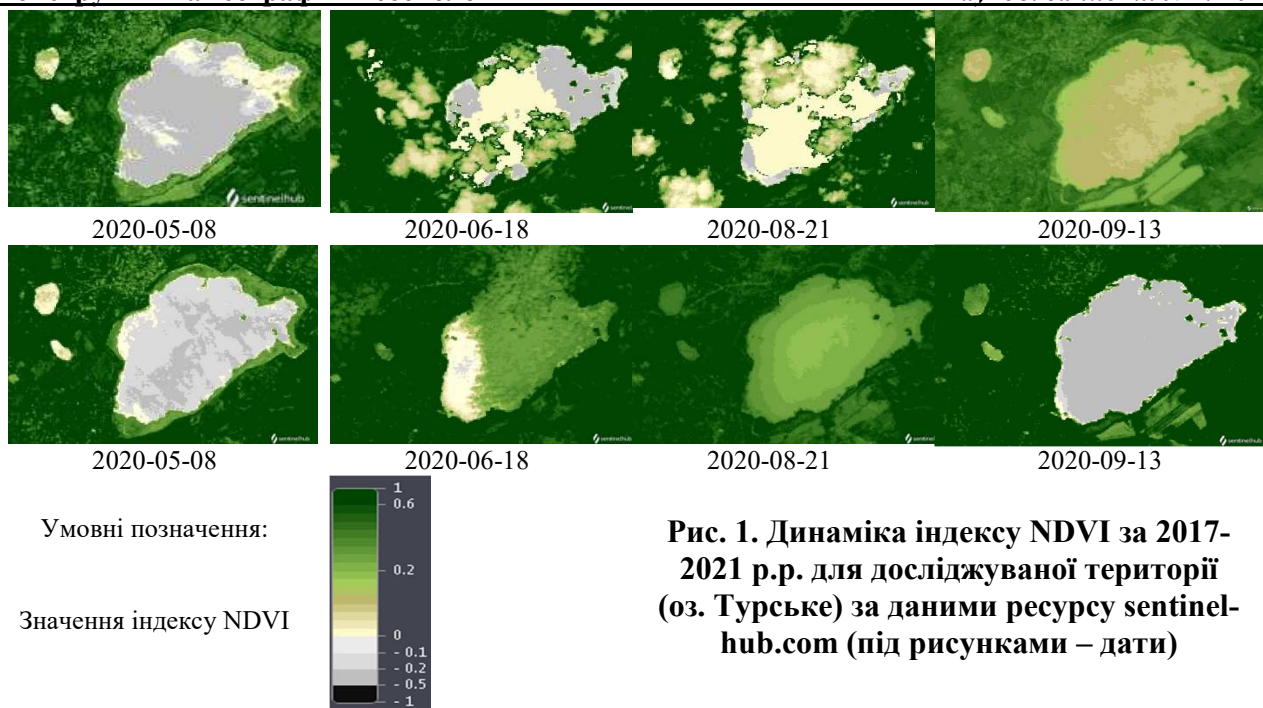


Рис. 1. Динаміка індексу NDVI за 2017-2021 р.р. для досліджуваної території (оз. Турське) за даними ресурсу sentinel-hub.com (під рисунками – дати)

Нормований різницевий індекс рослинності (NDVI) є простим, але ефективним індексом для кількісної оцінки стану зеленої рослинності. Він ґрунтується на тому, що рослини по різному відбивають світло на певних довжинах хвилі. Діапазон значень NDVI – від -1 до 1 [11]. Від'ємні значення NDVI (наближаються до -1) відповідають воді. Значення, близькі до нуля (від -0,1 до 0,1), зазвичай, відповідають безплідним ділянкам суші (скелі, пісок або сніг). Низькі позитивні значення (від 0,2 до 0,4) свідчать про не дуже високу інтенсивність вегетації, а високі значення (близько до 1) вказують на хороший стан рослинності і високий вегетаційний потенціал. В останні роки NDVI широко застосовується і для оцінки ступеня евтрофікації водойм [7-9]. Сприяє цьому можливість диференціації значень NDVI на знімку, що дозволяє виділяти окремі, відмінні між собою ділянки води та берегів, вкритих рослинністю. В межах водної поверхні можна також виділити окремі ділянки, що відрізняються інтенсивністю вегетації, а отже й величиною NDVI. Їх площа та поширення змінюються по сезонах і залежать, насамперед, від температури води, а також від віддаленості від берегу, про що свідчить формування концентричних зон рослинності.

Аналізуючи супутникові знімки поверхні озера за 2017-21 р.р. (рис. 1), слід відмітити, що для евтрофікації водойми характерна внутрішньорічна динаміка, яка, особливо, проявляється влітку. Так, фактично для кожного з проаналізованих років проявляється наступна закономірність: ще в травні евтрофікація практично відсутня, NDVI для поверхні озера стано-

вить -0,1-0,2, для деяких ділянок навіть -0,2-0,5, в червні показники NDVI зростають, з'являються окремі ділянки поверхні озера із додатними значеннями NDVI. В розрізі років ці ділянки мають різні площі. Наприклад, у 2017-18 р.р. – це досить незначні ділянки, переважно в центральній частині озера, біля східного та північного берегів, а у 2019-2021 р.р. – займають вже значні площі. Зокрема, у 2019 р. – 20% площі водної поверхні, у 2020 р. – 50%, у 2021 р. – більше 70%.

В липні значення NDVI продовжують зростати, фактично для всієї водної поверхні вони додатні, в окремі роки (2018 р.) досягають 0,1-0,2, в окремі (2017, 2021 р.р.) 0,5 і більше.

На пік значення NDVI виходять в серпні-на початку вересня, для більшої частини водойми вони перевищують 0,5, а іноді й більше. В окремі роки фіксуються аномально високі значення NDVI саме в цей час. Наприклад, 21.08.2021 р. вся акваторія озера на супутниковому знімку забарвлена в зелені кольори, причому чітко видно формування концентричних зон прояву евтрофікації, які поширюються від усіх берегів до центральної найглибшої частини озера, де значення показника NDVI найменші (0,2).

Починаючи з другої половини вересня значення індексу зменшуються, водойма звільняється від водоростей, вони відмирають, осідають на дно і формують органічну складову сапропелю. Хоча в окремі роки (2017 р.) навіть вкінці вересня зберігаються ще окремі острівки підвищеної евтрофікованості озера, особливо, біля північного і східного берегів.

Аналіз багаторічної динаміки (2017-21

р.р.) евтрофікованості озера (рис. 2) не дозволив виявити чітку тенденцію до збільшення з часом. Єдине, що можна стверджувати: показ-

ники NDVI були мінімальними в 2019 р., а максимальних значень набували у 2017 і 2021 р.р.

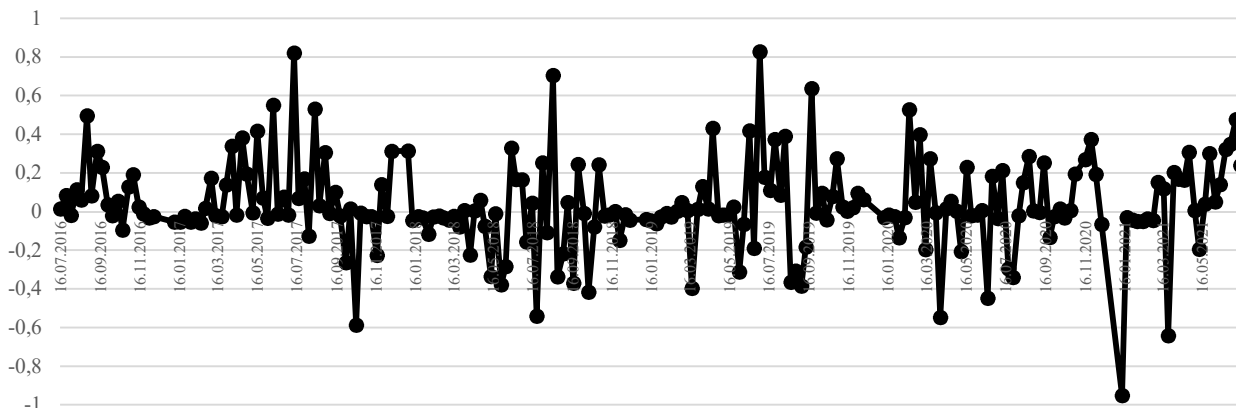


Рис. 2. Динаміка індексу NDVI за період 2016-2021 р.р. для поверхні водойми за даними ресурсу sentinel-hub.com

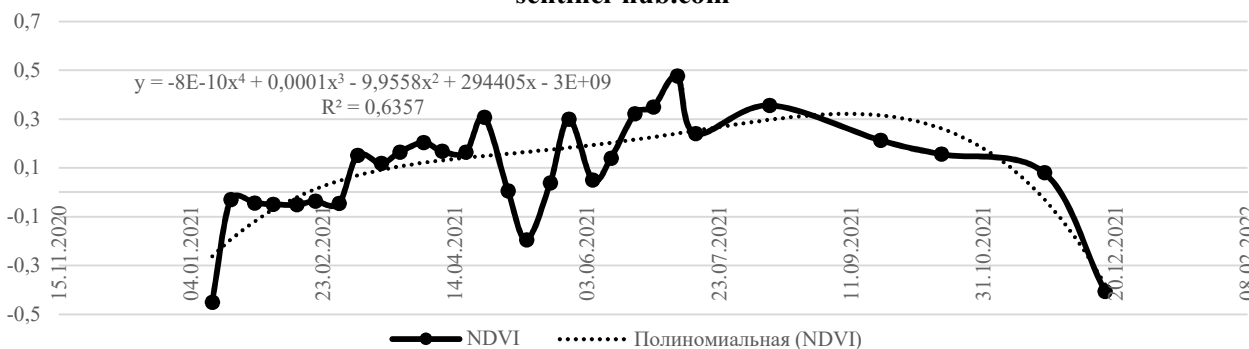


Рис. 3. Внутрішньорічна динаміка індексу NDVI за 2021 р. для поверхні водойми за даними ресурсу sentinel-hub.com

Аналіз внутрішньорічної динаміки показника NDVI (рис. 3) чітко демонструє сезонність динаміки досліджуваного показника. Максимальні значення показника (>0,3) фіксуються в липні-серпні, мінімальні (<0) – в листопаді-січні. Емпірична залежність за 2021 р. більш-менш прийнятно апроксимується поліномом 4-го порядку із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,64$. Тобто майже на 2/3 інтенсивність евтрофікації зумовлена саме підвищенням температури води.

Висновок про найвищий взаємозв'язок інтенсивності евтрофікації саме з температурою води підтверджує і рис. 4. На ньому зображені графіки динаміки індексу NDVI та температури поверхні води Турського озера за однакові періоди (5 років, 1 рік (2021 р.) і 3 місяці (літній період 2021 р.)). Хоча, на перший погляд, чіткої кореляції немає. Проте слід врахувати інерційність показника NDVI. Він змінюється набагато повільніше, ніж температура. Крім того в порівнянні не враховано час доби, в який здійснювалась супутникова зйомка, деякі знімки не використовувались для аналізу, оскільки

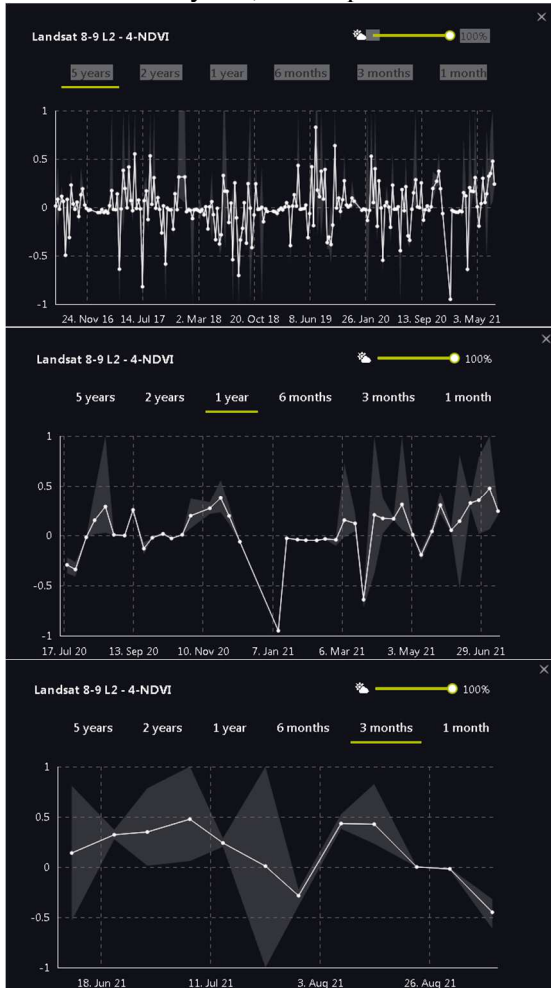
включити їх не дозволив високий рівень хмарності (>30%).

Тому виконана спроба співставити не абсолютні значення температури та NDVI, а їх зважені значення. Для цього використано найпростіший метод зважування – ділення на середнє арифметичне значення для відповідних показників. Це дозволило привести два часові ряди (температура та NDVI) до співставного вигляду. На рис. 5 чітко фіксується висока часова кореляція між досліджуваними показниками. Розрахований коефіцієнт кореляції становить 0,88, що свідчить про високу щільність зв'язку.

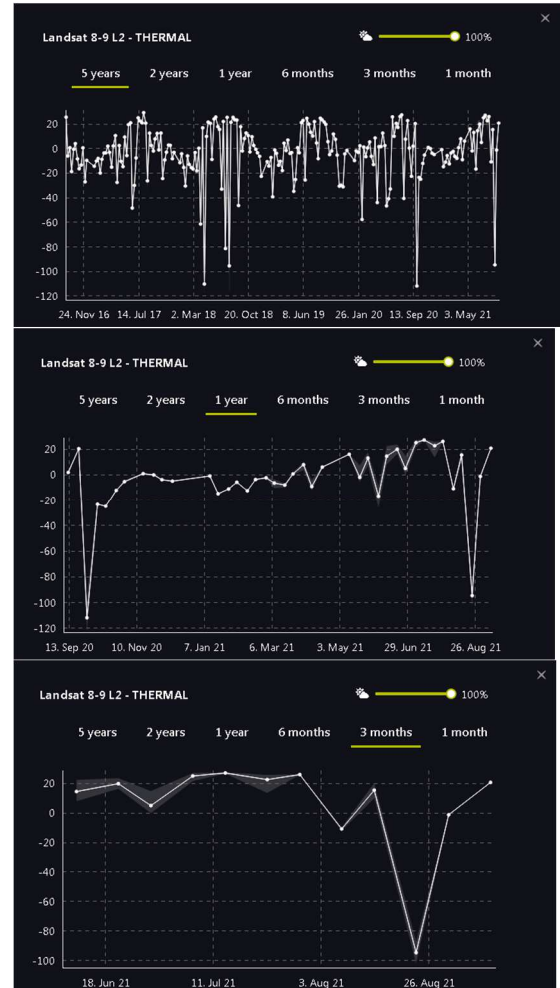
Озеро Турське знаходиться на південному заході Турської меліоративної системи, фактично є водосховищем-накопичувачем. Його довжина становить 5,6 км, найбільша ширина – 3,2 км, площа – 1285 га, середня глибина 2 м, найбільша – 9,5 м. В зв'язку з невеликою глибиною, озеро зазнає інтенсивних евтрофікаційних процесів. У центральній частині озера дно піщане, біля берегів замулене. Береги низькі, торф'яністі. З південно-західного боку в нього впадає меліоративний канал Заболотівської осушуваль-

ної системи, а з другого боку бере початок Турський канал. Амплітуда коливання рівня води при спрацюванні корисного рівня водосховища – 0,8 м. Рівень води регулюється спеціальною гідротехнічною спорудою у верхній частині Турського каналу. Більшість авторів схиляються до думки, що озеро має льодовикове

походження. Хоча при таких значних розмірах воно може підживлюватись карстовими джерелами, внаслідок перетоку напірних вод через водонапір, а також атмосферними опадами і притоком поверхневих вод з Заболотівської осушувальної системи [1].



NDVI



Температура

За період 5 років

За період 1 рік

За період 3 місяці

Рис. 4. Порівняння динаміки індексу NDVI та температури поверхні води Турського озера за різні періоди за даними ресурсу sentinel-hub.com

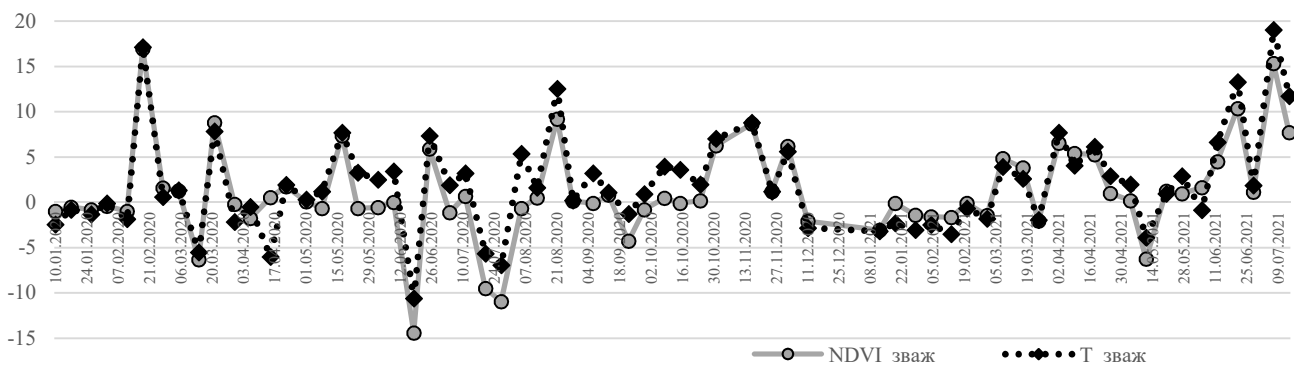


Рис. 5. Порівняння динаміки зважених значень NDVI і температури поверхні води Турського озера за 2020-21 р.р. за даними sentinel-hub.com

Нормальний підпірний рівень Турського водосховища (найвищий проектний підпі-

рний рівень водойми, який може підтримуватися у нормальних умовах експлуатації) стано-

вить 156,5 м. Форсований підпірний рівень (найвищий проектний підпірний рівень водойми, який допускається при пропуску паводків високої забезпеченості (як правило, більше 1% забезпеченості)), становить 156,8 м. Рівень мертвого об'єму (мінімальний рівень водойми при спрацюванні корисного об'єму за умов нормальної експлуатації) становить 155,7 м. Об'єм водосховища при нормальному підпірному рівні становить 21,5 млн.м³, при форсованому – 25,52 млн.м³, при рівні мертвого об'єму – 10,8 млн.м³, корисний об'єм водосховища – 10,64 млн.м³, витрати на випаровування – 5,184 млн.м³, на фільтрацію – 1,405 млн.м³ [4].

Окрім температури на інтенсивність евтрофікації озера впливають й азотовмісні та фосфоровмісні сполуки, які потрапляють у водойму із стоком з сільськогосподарських угідь, ферм, селитебних територій. Величина виносу цих речовин не оцінювалась. Турське озеро оточене сільськими населеними пунктами з заходу, півдня і півночі. В них відсутнє централізоване водопостачання і водовідведення, вивезення сміття, виникають стихійні сміттєзвалища. Зі сходу та північного заходу озеро межує із сільськогосподарськими угіддями Турської осушувальної системи, в межах якої не дотримуються норми щодо співвідношення орних земель, пасовищ і сіножатей, вносяться мінеральні добрива, отрутохімікати, стимулятори росту тощо. Також інтенсивність евтрофікації прискорює чинник часу, або природнього старіння озера, що зумовлює накопичення сапропелю, збільшення кількості органіки у воді, а отже й трюфності водойми. І, насамкінець, негативний вплив чинять і глобальні зміни клімату. Зокрема, стійке підвищення температури повітря для зони Полісся вище, ніж для інших природних зон України (2,2° C), аридизація ландшафтів зумовлена не зменшенням кількості опадів, а зміною характеру їх випадання із обложного на зливовий. Вплив цих чинників на евтрофікацію Турського озера нами детально не вив-

чався і не оцінювався, оскільки він є предметом зовсім інших ґрунтовних гідроекологічних досліджень.

Повертаючись до досліджень евтрофікації водних об'єктів із застосуванням методів ДЗЗ, варто зазначити, що на сьогодні існує багато напрямів таких досліджень. В нашому дослідженні для оцінки ступеня евтрофікації використовувався індекс NDVI. Проте вітчизняні та закордонні науковці використовують й інші індекси. Наприклад, в роботі О.Д. Федоровського, А.В. Хижняка, О.В. Томченко (2021) розглядається застосування з цією метою індексу NDAI (Normalized Difference Algae Index) – нормалізованого різницевого індексу водоростей, який дозволяє виявити наявність процесу заростання водойми водоростями та стадії його розвитку [9]:

$$NDAI = \frac{I_G + 2I_{NIR} - I_B - I_R + 0.5}{I_G + 2I_{NIR} + I_B + I_R}, \quad (1)$$

де I_B, I_G, I_R, I_{NIR} – інтенсивність спектрального відбиття в синьому, зеленому, червоному (видимому) та ближньому інфрачервоному каналах.

Для виявлення у водоймі водоростей використані зображення з супутника Sentinel-2 (з атмосферною корекцією L2A). Щільність рослинності або водоростей у воді класифікується шляхом застосування різних кольорів до диференціації індексу (рис. 6). Блакитний колір позначає воду, а бірюзовий – місця з меншою густиною водних рослин або водоростей; яскраво-зелений колір – середню щільність водоростей, жовті області – найвищу щільністю цих видів. Каламутна вода забарвлюється в коричневий, червоний або фіолетовий кольори пропорційно величині мутності. Індекс NDAI дозволяє ідентифікувати водні рослини та водорості у водоймах, оскільки виділяє ці простори, а решта території візуалізується в природних кольорах (True Colors).

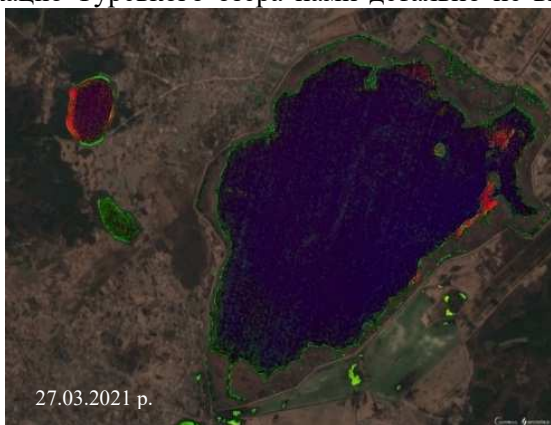


Рис. 6. Зміна індексу NDAI навесні та влітку 2021 р. для досліджуваної території за даними ресурсу sentinel-hub.com

Аналізуючи знімки з індексом NDAI (рис. 6) видно, що на першому знімку (27.03.2021 р.) ідентифікується вода в природних кольорах (True Colors), а також червоним та фіолетовим кольором відображаються ділянки каламутної води, які утворюються під час наповнення озера водами від сніготанення в межах Турської осушувальної системи. Натомість на другому знімку чітко видно, що вода всього озера ідентифікується в яскраво-зеленому кольорі, що свідчить про середню щільність розвитку водоростей, а в північній і північно-західній частині видно темно-жовті області, що свідчить про найвищу щільність розвитку водоростей саме там. Отже, отримані результати аналізу супутникових знімків за індексом NDAI добре корелюють із детально проаналізованим вище індексом NDVI.

Висновки та перспективи використання результатів дослідження. Окрім температури на інтенсивність евтрофікації озера впливають й азотовмісні та фосфоровмісні сполуки, які потрапляють у водойму із стоком з сільськогосподарських угідь, ферм, селитебних територій. Турське озеро оточене сільськими населеними пунктами з заходу, півдня і півночі. В них відсутнє централізоване водопостачання і водовідведення, вивезення сміття, виникають стихійні сміттєзвалища. Зі сходу та північного заходу озеро межує із сільськогосподарськими угіддями Турської осушувальної системи, в ме-

жах якої не дотримуються норми щодо співвідношення орних земель, пасовищ і сіножатей, вносяться мінеральні добрива, отрутохімікати, стимулятори росту тощо. Також інтенсивність евтрофікації прискорює чинник часу, або природнього старіння озера, що зумовлює накопичення сапропелю, збільшення кількості органіки у воді, а отже й тропності водойми.

Також не слід забувати про такий чинник, як глобальні зміни клімату. Підвищення температури повітря протягом останніх десятиліть також прискорює евтрофікацію та погіршення гідроекологічного стану озера.

Отже, підсумовуючи вітчизняний та закордонний досвід боротьби з евтрофікацією водойм, можна запропонувати заходи поліпшення гідроекологічного стану Турського озера:

- зменшення надходження поживних речовин у водойму;
- дотримання режиму використання водоохоронних зон (буферних смуг);
- механічне видалення рослин із прибережної частини озера та меліоративних каналів;
- підвищення рівня екологічної освіченості і свідомості громадян;
- інвентаризація стану меліоративної мережі, дотримання регламентів її використання;
- протидія глобальним кліматичним змінам та адаптація до них.

Література:

1. Зузук Ф.В., Колошко Л.К., Карпюк З.К. Осушені землі Волинської області та їх охорона: монографія. Луцьк: ВНУ ім. Лесі Українки, 2012. 294 с.
2. Ільїн Л.В., Мольчак Я.О. Озера Волині: лімно-географічна характеристика. Луцьк: Настир'я, 2000. 140 с.
3. Кірсева І.Ю. Гідроекологія. Київ: ЦУЛ, 2018. 664 с.
4. Паспорт Турського водосховища. Ратне: Ратнівське МРУВГ. 2015. 8 с.
5. Поверхневі води Волині: колективна монографія / за ред. Я.О. Мольчака. Луцьк: Терен, 2019. 344 с.
6. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія. / за ред. В.О. Фесюка. К.: ТОВ «Підприємство «Ві Ен Ей», 2016. 316 ст.
7. Томченко О.В. Використання методу багатокритеріальної оптимізації матеріалів ДЗЗ та наземних даних для оцінки екологічного стану Київського водосховища. Екологічна безпека та природокористування: зб. наук. праць. Київ, 2014. Вип. 15. С. 31-39.
8. Томченко О.В., Луценко П.В. Исследование динамики зарастания Киевского водохранилища с использованием ГИС/ДЗЗ-технологий. Мониторинг окружающей среды: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Брест: БГУИм. А. С. Пушкина, 2013. Ч. 1. С. 146-148.
9. Федоровський О. Д., Хижняк А. В., Томченко О.В. Оцінка якості водного середовища міських водойм з використанням методів системного аналізу на основі комплексування даних ДЗЗ. Космічна наука і технологія. 2021. Т. 27. № 5. С. 11-18.
10. Martin, A., Cooke, G.D. (1994). Health risks in eutrophic water supplies. Lake Line. 14. 24-26.
11. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). URL: https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=13&lat=57.72&lng=-157.83&themeId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fservices.sentinel-hub.com%2Fogc%2Fwms%2F42924c6c-257a-4d04-9b8e-36387513a99c&datasetId=S2L1C&fromTime=2020-09-28T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2020-09-28T23%3A59%3A59.99=3_NDVI
12. Raika A., Pietilainen, O.P., Rekolainen, S., Kauppila, P., Pitkanen, H., Niemi, J., Raateland, A., Vuorenmaa, J. (2003). Trends of phosphorus, nitrogen, and chlorophyll a concentrations in Finnish rivers and lakes in 1975-2000. The Science of the Total Environment. 310. 47-59.

References:

1. Zuzuk F.V., Koloshko L.K., Karpiuk Z.K. Osusheni zemli Volynskoi oblasti ta yikh okhrona: monohrafiia. Lutsk: VNU im. Lesi Ukrainky, 2012. 294 s.
2. Ilin L.V., Molchak Ya.O. Ozera Volyni: limno-heohrafichna kharakterystyka. Lutsk: Nastyria, 2000. 140 s.
3. Kirieieva I.Iu. Hidroekolohiia. Kyiv: TsUL, 2018. 664 s.

4. Pasport Turskoho vodoshkovyshcha. Ratne: Ratnivske MRUVH. 2015. 8 s.
5. Poverkhnevi vody Volyni: kolektyvna monohrafiia / za red. Ya.O. Molchaka. Lutsk: Teren, 2019. 344 s.
6. Suchasnyi ekolohichnyi stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiikoho rozvytku Volynskoi oblasti: kolektyvna monohrafiia. / za red. V. O. Fesiuka. K.: TOV «Pidpriemstvo «Vi En Ei», 2016. 316 st.
7. Tomchenko O.V. Vykorystannia metodu bahatokryterialnoi optymizatsii materialiv DZZ ta nazemnykh danykh dlia otsinky ekolohichnogo stanu Kyivskoho vodoshkovyshcha. Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia: zb. nauk. prats. Kyiv, 2014. Vyp. 15. S. 31-39. Mol'chak Ya.O. Lutsk: suchasnyy ekolohichnyy stan ta problemy. Ya.O. Mol'chak, V.O. Fesyuk, O.F. Kartava. – Lutsk: RVV LDTU, 2003. – 488 st.
8. Tomchenko O.V., Lucenko P.V. Issledovanie dinamiki zarastaniia Kievskogo vodohranilishha s ispol'zovaniem GIS/DZZ-tehnologii. Monitoring okruzhajushhej sredey: sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Brest: BGUim. A. S. Pushkina, 2013. Ch. 1. S. 146-148. Fesyuk V.O. Lutsk: stalyy rozvytok i sotsial'no-ekolohichni problemy. / V.O. Fesyuk. – Lutsk: RVV LNTU, 2013. – 304 s.
9. Fedorovskyi O. D., Khyzhniak A. V., Tomchenko O.V. Otsinka yakosti vodnoho seredovyshcha miskykh vodoim z vykorystanniam metodiv systemnoho analizu na osnovi kompleksuvannia danykh DZZ. Kosmichna nauka i tekhnolohiia. 2021. T. 27. № 5. S. 11-18.
10. Martin, A., Cooke, G.D. (1994). Health risks in eutrophic water supplies. Lake Line. 14. 24-26.
11. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). URL: https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=13&lat=57.72&lng=-157.83&themeId=DEFAULT-THEME&visualizationUrl=https%3A%2F%2Fservices.sentinel-hub.com%2Fogc%2Fwms%2F42924c6c-257a-4d04-9b8e-36387513a99c&datasetId=S2L1C&fromTime=2020-09-28T00%3A00%3A00.000Z&toTime=2020-09-28T23%3A59%3A59.99=3_NDVI
12. Raika A., Pietilainen, O.P., Rekolainen, S., Kauppila, P., Pitkanen, H., Niemi, J., Raateland, A., Vuorenmaa, J. (2003). Trends of phosphorus, nitrogen, and chlorophyll a concentrations in Finnish rivers and lakes in 1975-2000. The Science of the Total Environment. 310. 47-59.

Abstract:

Vasyl FESYUK, Serhii POLIANSKYI, Tetiana KOPYTYUK. METHODS AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF APPLICATION OF REMOTE SENSING FOR MONITORING OF EUTROPHICATION OF RESERVOIR (ON THE EXAMPLE OF TURKISH LAKE)

The article considers theoretical, methodological and practical aspects of the study of eutrophication of water bodies using remote sensing. Factors influencing eutrophication of reservoirs, possibilities of their geoecological monitoring with the use of remote sensing are analyzed. Over a long period of time, slowly and evolutionarily, lakes naturally change their state from oligotrophic to eutrophic and even dystrophic. However, in the XX century accelerated anthropogenic eutrophication of many lakes, other bodies of water and watercourses around the world. The main reason for this was the increased use of nitrogen fertilizers and the discharge of municipal wastewater containing phosphates from household synthetic detergents. To estimate the intensity of eutrophication processes in Turske Lake, we used remote sensing data, in particular, the vegetation index NDVI. The method of estimating the intensity of eutrophication processes in Turske Lake on the basis of remote sensing is as follows: using the EO-browser resource sentinel-hub.com was selected satellite images Landsat-8-9 L2 for the period from 1.05 to 1.10.2017-2021. The images were then analyzed to establish relationships and relationships between NDVI index values, temperature, NDVI index dynamics during the warm season, year, 5-year period, and the influence of other factors on the eutrophication process. The following regularity of intra-annual dynamics of the NDVI index has been established: in May eutrophication is practically absent, in June NDVI indicators increase, some parts of the lake surface with positive NDVI values appear. In July, NDVI values continue to rise. NDVI peaks in August or early September. In some years, abnormally high NDVI values are recorded at this time. Starting from the second half of September, the values of the index decrease, the reservoir is released from algae, they die, settle to the bottom and form an organic component of sapropel. Although in some years, even in late September, there are still some islands of high eutrophication of the lake, especially near the northern and eastern shores. Analysis of the long-term dynamics (2017-21) of eutrophication of the lake did not reveal a clear tendency to increase over time. NDVI indicators were the lowest in 2019, and the maximum values were acquired in 2017 and 2021. The density of the relationship between weighted temperature values and NDVI was analyzed. The correlation coefficient is 0.88. This is a fairly high level of correlation. In addition to temperature, the intensity of eutrophication of the lake is also influenced by nitrogen-containing and phosphorus-containing compounds that enter the reservoir with runoff from agricultural lands, farms and residential areas. Global climate change is also having a negative impact. A set of measures to reduce eutrophication and improve the hydroelectric condition of Turske Lake is proposed, which includes the following measures: reducing the supply of nutrients to the reservoir, compliance with the use of water protection zones, mechanical removal of plants from the lake and reclamation canals, environmental awareness and awareness the state of the reclamation network, compliance with regulations for its use, adaptation to global climate change.

Key words: lake, eutrophication of the lake, research of eutrophication of reservoirs using methods of remote sensing, measures to reduce eutrophication and improve the current hydroecological condition of the Turske Lake.

Надійшла 28.03.2022р.

ГВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

1. **Барна Ірина Миколаївна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
2. **Борис Ярослав Ярославович** – аспірант кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка.
3. **Варакута Ольга Михайлівна** – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри географії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
4. **Вітенко Ігор Михайлович** – кандидат географічних наук, доцент, заступник директора з науково-методичної роботи та міжнародного співробітництва Тернопільського обласного комунального інституту післядипломної педагогічної освіти.
5. **Гавришок Богдан Борисович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
6. **Гудзеляк Ірина Іванівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри економічної і соціальної географії Львівського національного університету імені Івана Франка.
7. **Дем'янчук Петро Михайлович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
8. **Дністрянський Мирослав Степанович** – доктор географічних наук, професор кафедри географії України Львівського національного університету імені Івана Франка.
9. **Долинська Олесь Олександрівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри туризму, теорії і методики фізичної культури та валеології Хмельницької гуманітарно-педагогічної академії.
10. **Емінов Закір** – доктор географічних наук, доцент, директор інституту географії імені Гасана Алієва Азербайджанської Національної академії наук.
11. **Заблотовська Наталія Василівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії України та регіоналістики Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.
12. **Залізник Яна Іванівна** – викладач кафедри екології та безпеки життєдіяльності факультету плодощовківництва, екології та захисту рослин Уманського національного університету садівництва.
13. **Заставецька Леся Богданівна** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри географії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
14. **Заставецький Тарас Богданович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії України і туризму Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
15. **Іванок Галина Станіславівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка.
16. **Касіяник Ігор Петрович** – кандидат географічних наук, доцент, завідувач кафедри географії та методики її викладання Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка.
17. **Клапоущак Ігор Данилович** – асистент кафедри теорії і методики олімпійського та професійного спорту Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
18. **Ковальчук Іван Платонович** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри геодезії та картографії Національного університету біоресурсів і природокористування України.
19. **Копитюк Тетяна Володимирівна** – магістр Волинського національного університету імені Лесі Українки.
20. **Костенюк Людмила Володимирівна** – кандидат географічних наук, асистент кафедри гідрометеорології та водних ресурсів Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича.
21. **Кузик Ігор Романович** – доктор філософії, асистент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
22. **Кузишин Андрій Васильович** – доктор географічних наук, доцент кафедри географії України і туризму, декан географічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
23. **Лісова Наталія Олександрівна** – кандидат біологічних наук, доцент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
24. **Маммадова Айшен** – доктор філософії, дослідник Департаменту медичної географії Азербайджанської Національної академії наук.
25. **Мариняк Ярослав Омелянович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії України і туризму Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
26. **Масімов Масід** – доктор медичних наук. Доктор навчально-хірургічного корпусу медичного університету.
27. **Матвійчук Борис Валерійович** – асистент кафедри географії та методики її викладання Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка.

28. **Матуз Ольга Володимирівна** – асистент кафедри географії та методики її викладання Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка.
29. **Мисковець Ірина Ярославівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету.
30. **Мищенко Олена Віталіївна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки.
31. **Мольчак Ярослав Олександрович** – доктор географічних наук, професор кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету.
32. **Новицька Світлана Романівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
33. **Остапчук Сергій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри геодезії та картографії Національного університету водного господарства та природокористування.
34. **Панькевич Анна Сергіївна** – Комунальна установа «Волинська обласна Мала академія наук».
35. **Панькевич Сергій Григорович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету.
36. **Позняк Степан Павлович** – доктор географічних наук, професор кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка.
37. **Полянський Сергій Володимирович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки.
38. **Серкіз Анастасія Сергіївна** – аспірант кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
39. **Сивий Мирослав Якович** – доктор географічних наук, професор кафедри географії та методики її навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
40. **Софінська Оксана Володимирівна** – магістр екології, завідувач сектору організації робіт та кадрового забезпечення Тернопільського обласного центру з гідрометеорології.
41. **Стецько Надія Петрівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
42. **Телегуз Олексій Гнатович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка.
43. **Федонюк Віталіна Володимирівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету.
44. **Федонюк Микола Ананійович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету.
45. **Фесюк Василь Олександрович** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної географії Волинського національного університету імені Лесі Українки.
46. **Царик Володимир Любомирович** – магістр екології, синоптик Тернопільського обласного гідрометеорологічного центру.
47. **Царик Любомир Петрович** – доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
48. **Царик Петро Любомирович** – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії України і туризму Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
49. **Цідило Аліна Володимирівна** – магістрант географічного факультету Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.
50. **Чернюк Ганна Володимирівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри географії та методики її викладання Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка.
51. **Шмигельська Христинна Василівна** – магістр, вчитель географії, Заклад загальної середньої освіти I-III ступенів та дошкільної освіти с. Великосілки Новояричівської селищної ради.
52. **Янковська Любов Володимирівна** – кандидат географічних наук, доцент кафедри геоєкології та методики навчання екологічних дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

1. **Ayshen Mammadova** – Ph.D. student, a researcher at the Department of Medical Geography of the Institute of Geography of Azerbaijan National Academy of Sciences.
2. **Varna Iryna** – candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.

3. **Boris Yaroslav** – postgraduate student, Department of Soil Science and Geography of Soils Ivan Franko National University of Lviv.
4. **Cherniuk Hanna** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Geography and methods of teaching Kamianets-Podilskiy National Ivan Ohienko University.
5. **Demyanchuk Petro** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Geography and methods of teaching Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
6. **Dnistrianskyi Miroslav** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of geography of Ukraine of the Ivan Franko National University of Lviv.
7. **Dolynska Olesia** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of tourism, theory and methods of physical culture and valeology of Khmelnytsky Humanitarian and Pedagogical Academy.
8. **Eminov Zakir** – Doctor of Geographical Sciences. Assistant professor. Director of the Institute of Geography named after H.A.Aliyev of Azerbaijan National Academy of Sciences.
9. **Fedoniuk Mikola** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Ecology and Agronomy Lutsk National Technical University.
10. **Fedoniuk Vitalina** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Ecology and Agronomy Lutsk National Technical University.
11. **Fesiuk Vasyl** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head at the Department of physical geography Lesia Ukrainka Volyn National University.
12. **Havryshok Bohdan** - candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Geography and Methods of its Teaching, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
13. **Hudzelyak Iryna** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Economic and Social Geography Ivan Franko National University of Lviv.
14. **Ivaniuk Halyna** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Soil Science and Geography of Soils Ivan Franko National University of Lviv.
15. **Kasiianyk Ihor** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Head of Department of Geography and methods of teaching Kamianets-Podilskiy National Ivan Ohienko University.
16. **Klapoushchak Ihor** – lecturer, Department of Theory and Methods of Olympic and Professional Sports, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
17. **Kopytyuk Tetyana** – magister, Lesia Ukrainka Volyn National University.
18. **Kosteniyk Liudmyla** – candidate of Geographical Sciences, assistant of Department of Hydrometeorology and Water Resources Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University.
19. **Kovalchuk Ivan** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department of Geodesy and Cartography National University of biological resources and nature management of Ukraine.
20. **Kuzyk Ihor** – PhD, assistant of Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
21. **Kuzyshyn Andrii** – Doctor of Geographical Sciences, associate professor, Department of geography Ukraine and tourism Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
22. **Lisova Nataliya** – candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
23. **Marynyak Yaroslav** – candidate of Geographical Sciences, associate professor of Department of geography Ukraine and tourism Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
24. **Masimov Macid** – doctor of medical sciences. Doctor of Educational and Surgical Corps of the Medical University
25. **Matuz Olha** – assistant of Department of Geography and methods of teaching Kamianets-Podilskiy National Ivan Ohienko University.
26. **Matviychuk Boris** - assistant of Department of Geography and methods of teaching Kamianets-Podilskiy National Ivan Ohienko University.
27. **Mishchenko Olena** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of physical geography Lesia Ukrainka Volyn National University.
28. **Molchak Yaroslav** – Doctor of Geographical Sciences, Professor of Department of Ecology and Agronomy Lutsk National Technical University.
29. **Mykovets Iryna** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Ecology and Agronomy Lutsk National Technical University.
30. **Novyts'ka Svitlana** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
31. **Ostapchuk Serhii** – candidate of technical sciences Department of Geodesy and Cartography, The National University of Water and Environmental Engineering.
32. **Pankevich Anna** – Municipal Institution "Volyn Regional Small Academy of Sciences".
33. **Pankevich Serhii** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Ecology and Agronomy Lutsk National Technical University.

34. **Polianskyi Serhii** – candidate of technical sciences Department of physical geography Lesia Ukrainka Volyn National University.
35. **Pozniak Stepan** – Doctor of Geographical Sciences, Professor of Department of Soil Science and Geography of Soils Ivan Franko National University of Lviv.
36. **Serkiz Anastasiia** – postgraduate student, Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
37. **Shmyhelska Khrystyna** – master, geography teacher, Institution of general secondary education I-III stages and preschool education, village Velykosilky, Novoiarychiv village council.
38. **Sofinska Oksana** – magister of Ecology, Head of the sector of work organization and staffing of the Ternopil Regional Center for Hydrometeorology.
39. **Stetsko Nadiia** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
40. **Syvyi Myroslav** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Department of Geography and methods of teaching Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
41. **Teleguz Oleksij** - candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Soil Science and Geography of Soils Ivan Franko National University of Lviv.
42. **Tsaryk Lyubomyr** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head at the Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
43. **Tsaryk Petro** – candidate of Geographical Sciences, Associate professor, Department of geography Ukraine and tourism Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
44. **Tsaryk Volodymyr** – magister of ecology, weather forecaster of Ternopil Regional Hydrometeorological Center.
45. **Tsidylo Alina** – magister of Ecology, Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
46. **Varakuta Olha** – candidate of Pedagogical Sciences, associate professor, Department of Geography and methods of teaching Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
47. **Vitenko Ihor** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Deputy Director for Scientific and Methodological Work and International Cooperation of the Ternopil Regional Municipal Institute of Postgraduate Pedagogical Education.
48. **Yankovs'ka Lyubov** – candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Department of Geoecology and methods of teaching environmental sciences Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
49. **Zablotovska Natalia** – candidate of Geographical Sciences, associate professor, Department of Geography of Ukraine and regional studies Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University.
50. **Zalizniak Yana** – Lecturer, Department of Ecology and Life Safety, Faculty of Horticulture, Ecology and Plant Protection, Uman National University of Horticulture.
51. **Zastavetska Lesia** – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department of Geography and methods of teaching Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
52. **Zastavetskyi Taras** – candidate of Geographical Sciences, Associate professor, Department of geography Ukraine and tourism Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.

ЗМІСТ

ІСТОРІЯ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ГЕОГРАФІЇ

Степан ПОЗНЯК, Галина ІВАНЮК. ЗНАННЯ ПРО ҐРУНТИ У ЦИВІЛІЗАЦІЯХ СТАРОДАВНЬОГО СВІТУ	4
Ярослав МОЛЬЧАК, Ірина МИСКОВЕЦЬ. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ ВОДОКОРИСТУВАННЯ	13
Віталіна ФЕДОНЮК, Алла ПАНЬКЕВИЧ, Микола ФЕДОНЮК, Сергій ПАНЬКЕВИЧ. НАУКОВИЙ ШЛЯХ М.П.КОСАЧА, ОДНОГО З ПЕРШИХ УКРАЇНСЬКИХ МЕТЕОРОЛОГІВ	19
Ольга ВАРАКУТА. ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МОДЕЛІ ЗМІШАНОГО НАВЧАННЯ В ОСВІТНЬОМУ ПРОЦЕСІ З ГЕОГРАФІЇ	29

ФІЗИЧНА ГЕОГРАФІЯ

Ганна ЧЕРНЮК, Ігор КАСІЯНИК, Ольга МАТУЗ, Борис МАТВІЙЧУК. ОЦІНКА ЗВОЛОЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА РОЗПОДІЛОМ ОПАДІВ І ВИПАРОВУВАНОСТІ	38
Ірина БАРНА, Оксана СОФІНСЬКА. РЕГІОНАЛЬНІ ТРЕНДИ ГЛОБАЛЬНОЇ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ТЕРИТОРІЇ ТЕРНОПІЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ	43
Людмила КОСТЕНЮК, Наталія ЗАБЛОТОВСЬКА. ОСОБЛИВОСТІ РУСЛОВИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІРСЬКИХ РІЧКАХ В МЕЖАХ ВОРОХТО-ПУТИЛЬСЬКОГО НИЗЬКОГІР'Я (БАСЕЙН ЧЕРЕМОШУ)	51
Ярослав БОРИС, Олексій ТЕЛЕГУЗ. ОСОБЛИВОСТІ УРБАНОЗЕМІВ МІСТА ЛЬВОВА	59

ЕКОНОМІЧНА ТА СОЦІАЛЬНА ГЕОГРАФІЯ

Леся ЗАСТАВЕЦЬКА, Тарас ЗАСТАВЕЦЬКИЙ. СУСПІЛЬНО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ВИМІР ДЕМОГРАФІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В УКРАЇНІ В ПЕРІОД НЕЗАЛЕЖНОСТІ (З 1991 Р. ДО 2022 Р.)	66
Петро ДЕМ'ЯНЧУК, Мирослав СИВИЙ, Леся ЗАСТАВЕЦЬКА. ОСОБЛИВОСТІ Й ТЕНДЕНЦІЇ СУЧАСНИХ ПРОЦЕСІВ ВІДТВОРЕННЯ НАСЕЛЕННЯ м. ТЕРНОПОЛЯ	75
Закір ЕМІНОВ, Масід МАСІМОВ, Айшен МАМЕДОВА. МЕДИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ПРОБЛЕМИ НЕІНФЕКЦІЙНИХ ЗАХВОРЮВАНЬ У СВІТІ ТА АЗЕРБАЙДЖАНІ	87
Мирослав ДНІСТРЯНСЬКИЙ. ЕТНОГЕОГРАФІЧНА БЕЗПІДСТАВНІСТЬ ТА ДЕСТРУКТИВНА ГЕОПОЛІТИЧНА СПРЯМОВАНІСТЬ АНТИУКРАЇНСЬКОГО ПРОЕКТУ ПОЛІТИЧНОГО РУСИНСТВА	95
Андрій КУЗИШИН. СУЧАСНІ ДЕТЕРМІНАНТИ ГЕОПОЛІТИЧНОГО ПРОСТОРУ УКРАЇНИ: НАЦІОНАЛЬНИЙ ТА ЄВРОПЕЙСЬКИЙ АСПЕКТ	102
Ірина ГУДЗЕЛЯК. ПОЛІТИЧНА КАРТА СВІТУ: АКТУАЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	112
Олена МІЩЕНКО. ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗТАШУВАННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ ХРАМОВИХ ТА МОНАСТІРСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ У СТРУКТУРІ МІСТА	120
Сергій ОСТАПЧУК. ДЕМОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СЕЛА РИСВ'ЯНКА РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ	129

РЕКРЕАЦІЙНА ГЕОГРАФІЯ І ТУРИЗМ

Петро ЦАРИК, Любомир ЦАРИК. РЕГІОНАЛЬНИЙ ЛАНДШАФТНИЙ ПАРК «ДНІСТЕР» У ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ РЕКРЕАЦІЙНІЙ СИСТЕМІ ПОДІЛЛЯ	136
Ярослав МАРИНЯК, Надія СТЕЦЬКО. НОВІ РЕАЛІЇ ПАЛОМНИЦЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ У ТЕРНОПІЛЬСЬКІЙ ОБЛАСТІ	143
Олеся ДОЛИНСЬКА. ТУРИСТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ ВИКОРИСТАННЯ БАЛЬНЕОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	153

КОНСТРУКТИВНА ГЕОГРАФІЯ ТА ГЕОЕКОЛОГІЯ

Василь ФЕСЮК, Сергій ПОЛЯНСЬКИЙ, Тетяна КОПИТЮК. МЕТОДИКА ТА ПРАКТИЧНА ІМПЛЕМЕНТАЦІЯ ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДЗЗ ДЛЯ МОНИТОРИНГУ ЕВТРОФІКАЦІЇ ВОДОЙМ (НА ПРИКЛАДІ ТУРСЬКОГО ОЗЕРА)	159
Яна ЗАЛІЗНЯК. ГЕОЕКОЛОГІЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ БАСЕЙНУ ПІВДЕННОГО БУГУ В МЕЖАХ ВІННИЦЬКОЇ ОБЛАСТІ	167
Анастасія СЕРКІЗ. ГЕОЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АВТОТРАНСПОРТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ І ПРОДУКУВАННЯ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У М. ТЕРНОПОЛІ	176

РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ І ОХОРОНА ПРИРОДИ

Богдан ГАВРИШОК, Мирослав СИВИЙ, Наталія ЛІСОВА, Ігор КЛАПОУЩАК, Христина ШМИГЕЛЬСЬКА. ЛІСОГОСПОДАРСЬКЕ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ БУСЬКОГО ЛІСГОСПУ: ІСТОРИКО-ГЕОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА СУЧАСНИЙ СТАН	185
Іван КОВАЛЬЧУК, Любомир ЦАРИК, Петро ЦАРИК. ЗАСАДИ, ПРОБЛЕМИ І ПЕРСПЕКТИВИ РЕАЛІЗАЦІЇ ЕКОМЕРЕЖЕВОГО ПІДХОДУ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ Й ОХОРОНИ ПРИРОДИ ПОДІЛЬСЬКОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ	196
Любов ЯНКОВСЬКА, Світлана НОВИЦЬКА, Аліна ЦІДИЛО. БАСЕЙНОВИЙ ПІДХІД ДО ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ КАЧАВА)	209
Ігор КУЗИК, Ігор ВІТЕНКО, Володимир ЦАРИК. ГЕОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТРУКТУРИ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ БАСЕЙНУ МАЛОЇ РІЧКИ ГНІЗДЕЧНА	219

ПОСТАТІ, ПОДІЇ, ПОВІДОМЛЕННЯ

ДО ЮВІЛЕЮ ГЕОРГІЯ ІЛІЧА РУДЬКА	226
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	228

CONTENT

HISTORY AND METHODOLOGY OF GEOGRAPHY

Stepan POZNYAK, Halyna IVANYUK. KNOWLEDGE ABOUT SOILS IN THE CIVILIZATIONS OF THE ANCIENT WORLD	4
Yaroslav MOLCHAK, Iryna MYSKOVETS. THEORETICAL FUNDAMENTALS OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC ESTIMATES OF WATER USE	13
Viyalina FEDONIUK, Anna PANKEVICH, Mykola FEDONIUK, Serhii PANKEVICH. SCIENTIFIC WAY OF M.P. KOSACH, ONE OF THE FIRST UKRAINIAN METEOROLOGISTS	19
Olha VARAKUTA. INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND MODELS OF MIXED LEARNING IN THE EDUCATIONAL PROCESS IN GEOGRAPHY	29

PHYSICAL GEOGRAPHY

Anna CHERNIUK, Igor KASIANYK, Olga MATUZ, Boris MATVIYCHUK. ASSESSMENT OF HUMIDIFICATION OF THE TERRITORY OF VINNITSA REGION BY THE RATIO OF PRECIPITATION AND EVAPORABILITY	38
Iryna BARNA, Oksana SOFINSKA. THE REGIONAL TRENDS OF GLOBAL CLIMATE CHANGE IN THE TERNOPIL REGION	43
Liudmyla KOSTENIYK, Natalia ZABLOTOVSKAJA. FEATURES OF LEVEL PROCESSES ON MOUNTAIN RIVERS WITHIN THE BOUNDARIES OF THE VORKHTO-PUTYL LOW MOUNTAINS (CHEREMOSH BASIN)	51
Yaroslav BORIS, Oleksii TELEGUZ. PECULIARITIES OF THE URBAN SOILS OF THE CITY OF LVIV	59

ECONOMIC AND HUMAN GEOGRAPHY

Lesia ZASTAVETSKA, Taras ZASTAVETSKYI. SOCIO-GEOGRAPHICAL DIMENSION OF DEMOGRAPHIC PROCESSES IN UKRAINE IN THE PERIOD OF INDEPENDENCE (FROM 1991 TO 2022)	66
Petro DEMYANCHUK, Myroslav SYVYI, Lesia ZASTAVETSKA. FEATURES AND TRENDS CONTEMPORARY PROCESSES OF POPULATION REPRODUCTION IN TERNOPIL	75
Zakir EMINOV, Macid MASIMOV, Ayshen MAMMADOVA. MEDICAL AND GEOGRAPHICAL PROBLEMS OF NON-COMMUNICABLE DISEASES IN THE WORLD AND AZERBAIJAN	87
Myroslav DNISTRYANSKY. ETHNOGEOGRAPHIC GROUNDLESSNESS AND DESTRUCTIVE GEOPOLITICAL ORIENTATION OF THE ANTI-UKRAINIAN GEOPOLITICAL PROJECT OF POLITICAL RUSYNISM	95
Andrii KUZYSHYN. MODERN DETERMINANTS OF UKRAINIAN GEOPOLITICAL SPACE: NATIONAL AND EUROPEAN ASPECTS	102
Iryna HUDZELYAK. POLITICAL MAP OF THE WORLD: ACTUAL ANALYSIS OF THE MAIN ELEMENTS	112
Olena MISHCHENKO. REGULARITIES OF LOCATION AND FUNCTIONING OF TEMPLE AND MONASTERY LANDSCAPES IN THE STRUCTURE OF THE CITY	120
Serhii OSTAPCHUK. DEMOGRAPHIC FEATURES OF RYSVYANKA VILLAGE DEVELOPMENT IN RIVNE REGION	129

RECREATIONAL GEOGRAPHY AND TOURISM

Petro TSARYK, L Lyubomyr TSARYK. "DNISTER" REGIONAL LANDSCAPE PARK – IN THE TERRITORIAL RECREATIONAL NETWORK OF PODILIA	136
Yaroslav MARYNIAK, Nadiya STETSKO. NEW REALITIES OF PILGRIMAGE ACTIVITY IN THE TERNOPIL REGION	143
Olesya DOLYNSKA. TOURIST POTENTIAL OF BALNEOLOGICAL RESOURCES USE IN KHMELNYTSKYI REGION	153

CONSTRUCTIVE GEOGRAPHY AND GEOECOLOGY

Vasyl FESYUK, Serhii POLIANSKYI, Tetiana KOPYTYUK. METHODS AND PRACTICAL IMPLEMENTATION OF APPLICATION OF REMOTE SENSING FOR MONITORING OF EUTROPHICATION OF RESERVOIR (ON THE EXAMPLE OF TURKISH LAKE)	159
Yana ZALIZNIAK. GEOECOLOGICAL RESEARCH OF THE SOUTH BUG POOL IN THE VINNITSA REGION	167
Anastasiia SERKIZ. GEOECOLOGICAL ASPECTS OF AUTOMOTIVE POLLUTION AND GREENHOUSE GAS PRODUCTION IN THE CITY OF TERNOPOL	176

RATIONAL NATURE MANAGEMENT AND CONSERVATION

Bohdan HAVRYSHOK, Myroslav SYVYI, Natalia LISOVA, Ihor KLAPOUSHCHAK, Khrystyna SHMYHEL'SKA. FORESTRY LAND USE OF THE BUSK FORESTRY ENTERPRISE: HISTORICAL AND GEOGRAPHICAL FEATURES AND CURRENT STATE	185
Ivan KOVALCHUK, Lyubomyr TSARYK, Petro TSARYK. PRINCIPLES, PROBLEMS AND PROSPECTS OF IMPLEMENTATION OF ECONOMIC APPROACH TO OPTIMIZATION OF NATURE MANAGEMENT AND NATURE PROTECTION OF PODILLIA REGION	196
Liubov YANKOV'SKA, Svitlana NOVYTSKA, Alina TSIDYLO. BASIN APPROACH TO RESEARCH OF PROBLEMS OF NATURE RESOURCE MANAGEMENT (ON THE EXAMPLE OF THE KACHAVA RIVER)	209
Ihor KUZYK, Ihor VITENKO, Volodymyr TSARYK. GEOECOLOGICAL ASSESSMENT OF LAND USE STRUCTURE OF GNIZDECHNA SMALL RIVER BASIN	219

FIGURES, EVENTS, NOTICES

TO THE ANNIVERSARY OF GEORGE ILICH RUDKO	226
INFORMATION ABOUT AUTHORS	228

Вимоги до матеріалів, які подаються до часопису!

Надіслані статті обов'язково повинні відповідати Постанові президії вищої атестаційної комісії України "Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України" від 15.01.2003р. №7-05/1 і мати відповідні рубрики.

Для публікації матеріалів у нашому журналі необхідно представити до редакції:

- Статтю в редакторі WORD (шрифт Times New Roman, кегль 12, одинарний інтервал) електронною поштою (бажано *.doc і *.pdf версії, особливо у випадку використання у статті формул, схем та графіки), надруковану на папері формату А4, всі поля 20 мм; рисунки, діаграми вставити у текст і представити їх копії у кольоровому та чорно-білому варіантах (*.jpg *.cdr), **обсяг основного змісту статті (без резюме) не повинен бути меншим за 20000 символів (0,5 д.а.)**;
- Резюме українською (не менше 50 слів), англійською (500 слів) та російською мовами (200 слів), ключові слова до них, перекладені прізвища імена, по-батькові авторів, назви статей;
- УДК теми статті;
- Список використаної літератури обов'язково оформляти згідно нових вимог (**Національний стандарт України ДСТУ 8302:2015**), також необхідно подати транслітерований латинкою список літератури (не перекладений), це можна зробити за допомогою сайту – <http://translit.kh.ua/> для української мови та <http://translit.ru/> для російської);
- Відомості про авторів (прізвище, ім'я, по-батькові, місце роботи, посада, науковий ступінь та звання, адреса, телефон, електронна пошта) українською та англійською мовами.

При відсутності однієї з вище перелічених вимог подані матеріали не прийматимуться до розгляду.

Контактні телефони:

(097) 354-14-18 (головний редактор) – Сивий Мирослав Якович
(096) 500 44 27 (заступник головного редактора) – Царик Любомир Петрович
(096) 699-48-55 (відповідальний секретар) – Царик Петро Любомирович

E-mail: pitertsaryk@ukr.net, pitertsaryk@gmail.com

Здано до складання 02.05.2022. Підписано до друку 18.05.2022. Формат 60x84/18. Папір друкарський. Умовних друкованих аркушів 23,6. Обліково-видавничих аркушів 23,0. Тираж: 110 примірників.

Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15878-4350Р від 12.10.2010 р.

Віддруковано з готових діапозитивів у СМП "ТАЙП".