

Дослідження сучасного стану Шацьких озер за допомогою засобів дистанційного зондування Землі

Оксана М. Підкова 

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Володимирська, 64/13, Київ, 01601, Україна

Анотація

Для Шацьких озер, розташованих у межах Шацького національного природного парку, характерною є наявність низки проблем природного і антропогенного характеру, що погіршують екологічний стан як власне самих озер, так і природних комплексів навколо. Із використанням методів дистанційного зондування Землі проаналізовано сучасний стан Шацьких озер. Основну увагу зосереджено на дослідженні озера Світязь, як найбільшого озера з групи Шацьких озер і основного туристичного об'єкту регіону. За допомогою аналізу космічних знімків на онлайн сервісах Copernicus Browser і Google Earth Engine проаналізовано зміни водності озер протягом 2017-2024 рр., явище евтрофікації за індексом NDVI за період 2020-2024 рр., створено різночасові карти типів наземного покриття і карту прогнозних змін типів наземного покриття території Шацьких озер до 2050 р. На основі проведених досліджень встановлено, що основними екологічними проблемами даного регіону є зменшення водності озер, обміління, евтрифікаційні процеси, забудова прибережних зон. Ці процеси мають тенденцію до прогресу, що сумарно негативно впливатиме на усю екосистему Шацьких озер, погіршуватиме функціонування цієї природоохоронної території.

Ключові слова

озеро, Шацькі озера, озеро Світязь, космічні знімки, дистанційне зондування Землі, екологічний стан озера

Надійшла до редакції: 3 травня 2025 / Прийнята: 23 травня 2025 / Опублікована онлайн: 30 травня 2025

Research on the current state of Shatsk Lakes using remote sensing of the Earth

Oksana M. Pidkova

Taras Shevchenko National University of Kyiv, 64/13, Volodymyrska St., Kyiv, 01601, Ukraine

Abstract

Shatsk Lakes, located within the Shatsk National Nature Park, are characterized by a number problems of a natural and anthropogenic nature, which worsen the ecological condition of both the lakes themselves and the natural complexes around them. The current state of Shatsk Lakes was analyzed using remote sensing methods. The main emphasis was placed on the study of Lake Svitiyaz, as the largest lake in the Shatsk Lakes group and the main tourist attraction in the region. By analyzing satellite images on the online services Copernicus Browser and Google Earth Engine, changes in lake water content during 2017-2024 was analyzed, the phenomenon of eutrophication was investigated using the NDVI index for the period 2020-2024, and multi-temporal maps of land cover types and a map of projected changes in land cover types in the Shatsk Lakes area by 2050 were created. Based on the conducted research, it was found that the main environmental problems of this region are decreasing water content of lakes, shallowing, eutrophication processes, development of coastal zones. These processes tend to progress, which will have a negative impact on the entire ecosystem of Shatsk Lakes and worsen the functioning of this nature conservation area.

Keywords

lake, Shatsk Lakes, Lake Svitiyaz, satellite images, remote sensing of the Earth, ecological state of the lake.

Received: 3 May 2025 / Accepted: 23 May 2025 / Published online: 30 May 2025

1. Вступ

Шацькі озера – група з понад 30 озер у північно-західній частині Ковельського району Волинської області, поблизу села Шацьк. Розташовані серед лісових масивів у межиріччі Прип'яті й Західного Бугу. Для охорони рідкісних природних комплексів у районі Шацьких озер було створено Шацький національний природний парк (1983 рік) (<https://shnp.forest.gov.ua/>).

Шацькі озера є одним із найбільш популярних місць відпочинку у нашій країні, тут побудовано

велика кількість санаторіїв, готельних комплексів, баз і таборів відпочинку. Без перебільшень, ця мальовнича територія – перлина українського краю. Актуальність відпочинку на озерах, збільшення кількості відвідувачів посилює навантаження на природні комплекси краю: з одного боку – це розбудова відпочинково-туристичної інфраструктури, а з іншого – антропогенне навантаження з усіма негативними наслідками (збільшення побутових відходів, стічних вод, сміття, збільшення антропогенного пресингу на лісові екосистеми, забруднення озер тощо), що сумарно погіршує екологічний стан озер і прилеглих

Corresponding author:

Oksana M. Pidkova, Taras Shevchenko National University of Kyiv
64/13, Volodymyrska St., Kyiv 01601, Ukraine
Email: ivan.kruhlov@lnu.edu.ua

© 2025 The Authors. Published by Taras Shevchenko National University of Kyiv. This is an open-access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

територій. Наприклад, лише 6% мешканців села Шацьк забезпечені каналізацією та водопостачанням. І хоч реалізовується міжнародний проєкт по каналізуванню населених територій поблизу озер, але лише з часом, і то не всі, а лише більшість мешканців будуть мати ці послуги (Фесюк, 2024).

Незважаючи на розташування у межах природоохоронної території, є низка екологічних проблем, які сумарно негативно впливають на стан Шацьких озер. Особливо актуально це для озера Світязь, що є найбільшим серед усіх Шацьких озер, одним із семи природних чудес України. Це – найглибше озеро України, має карстове походження, живиться переважно підземними та атмосферними водами. Наявність широких піщаних пляжів, прибережної мілководної смуги, значне прогрівання води влітку (до 20°C і вище), масиви соснових лісів навколо озера, зручна транспортна інфраструктура зумовили розвиток туристичної індустрії в основному навколо озера Світязь у Шацьку та ближніх селах (Пульмо, Світязь). Все це підсилює актуальність дослідження сучасного стану Шацьких озер, виявлення основних проблем і пошук причин погіршення їх екологічного стану з метою розроблення рекомендацій щодо раціонального і екологічнобезпечного використання території поозер'я. Важливим є не лише вирішення наявних проблем, а усунення причин їх виникнення.

Одним із сучасних і перспективних напрямків дослідження у царині природничих наук, зокрема географії, є дистанційне зондування Землі (далі – ДЗЗ), що дає можливість, не виходячи з дому, використовуючи різноманітні онлайн-платформи і сервіси, досліджувати планету з космосу загалом, окремі географічні об'єкти за супутниковими знімками із наступним їх завантаженням, обробкою і аналізом.

Метою статті є проаналізувати сучасний стан Шацьких озер на прикладі озера Світязь за допомогою даних ДЗЗ та ГІС-технологій.

2. Аналіз попередніх публікацій

Дослідженню стану Шацьких озер присвячено багато робіт, це питання широко висвітлене у науковій літературі. З останніх публікацій варто згадати роботи Мартинюка В. О. та Томченко О. В. (2021), Хільчевського В. К. та Плічко Л. В. (2023), Ковальчука С. В. (2022), Конішука В. В. та Христецької М. В. (2023), Фесюка В. О., Нетробчук І. М., Полянського С. В. та Довгана Д. Я. (2024), Хільчевського В. К., Плічко Л. В., Забокрицької М. Р., Шерстюк Н. П. (2025). Також підготовлено ряд монографій, у яких розглядається природа Волинського краю, у тому числі й Шацькі озера (Зузук, 2014; Фесюк, 2016; Мольчак, 2019; Карпюк та Фесюк, 2021). У контексті досліджуваної тематики найбільше зацікавлення мають праці Мартинюка В. О. та Томченко О. В. (2021), у яких автори використовують засоби ДЗЗ до оцінювання природно-антропогенних трансформацій озер Поліського регіону, Хільчевського В. К. та Плічко

Л. В. (2023), де за допомогою спектральних індексів RI та NDWI оцінюється екологічний стан акваторії озера Світязь за 2019-2023 рр., Фесюка В. О., Нетробчук І. М., Полянського С. В., Довгана Д. Я. (2014), де використано методи ДЗЗ для оцінювання ступеня евтрофікованості Шацьких озер, Хільчевського В. К., Плічко Л. В., Забокрицької М. Р. та Шерстюк Н. П. (2025), у якій автори за даними дистанційного зондування досліджують динаміку площі Шацьких озер за період 1984-2023 рр. у зв'язку з коливанням їхнього рівня. Однак є ряд питань, які потребують подальшого вивчення, зокрема аналіз і прогнозування майбутніх трансформацій природних комплексів Шацьких озер, зумовлених діяльністю людини, вплив глобальних змін клімату на евтрофікацію водойм, перспективи використання озер у рекреаційних цілях. Особливої актуальності і практичного значення набувають такі дослідження, проведені із використанням засобів ДЗЗ.

3. Матеріали та методи

При проведенні дослідження було використано різночасові космічні знімки Sentinel-2 (2017-2024 рр.) і космічні знімки хмарної платформи Google Earth Engine (1984-2022 рр.). Роботу з ними проведено за допомогою онлайн сервісів Copernicus Browser (опрацювання знімків Sentinel-2 (True color, NDVI, Custom script (Pseudo-FCD))), ArcGis Online (визначення типів наземного покриття) і Google Earth Engine (побудова часової анімації за допомогою Google Earth Timelapse).

4. Результати досліджень

Найбільшими за площею озерами серед групи Шацьких озер є Світязь, Пулемецьке, Луки, Люцимер, Остров'янське, Пісочне, Кримне, Перемут. Саме вони були об'єктами проведених досліджень, головним з яких – озеро Світязь (рис. 1).

Одною із найбільш актуальних загроз існуванню Шацьких озер, насамперед Світязю, є обміління. Основними причинами цього негативного явища є кліматичні зміни (зменшення кількості опадів і підвищення середніх температур повітря, зокрема спекотні літа, збільшення випаровуваності із водного зеркала озер і прилеглих територій), неналежна експлуатація гідротехнічних споруд на території Шацького національного природного парку з метою затримки паводкових вод, зменшення площі водозбору внаслідок проведення у другій половині минулого століття осушувальних меліорацій, які перебувають у незадовільному технічному стані, розробка покладів крейдового родовища "Хотиславське" у Республіці Білорусь, неорганізований відбір підземних вод мешканцями регіону для потреб сільського господарства, туризму, рекреації (Клок та Корнус, 2021; Літвицька, 2021; Назвали основні причини обміління..., 2019; Порятунок Світязю..., 2019).

Обміління загрожує не лише Світязю, як найбільшому озеру групи Шацьких озер, а й усьому комплексу (*Назвали основні причини обміління...*, 2019). У 2019 р. було зафіксовано рекордне падіння рівня води в озері Світязь. Тоді берегова лінія через обміління змістилась подекуди на 60 метрів, рівень води в озері був 93 сантиметри відносно нуля.

У 2021 р. Світязь знову став повноводним, вода в озері наповнилася до середньостатистичних

129 сантиметрів над нулем (Літвицька, 2021).

Станом на березень 2025 р. рівень води в озері Світязь хоч і залишається у межах середніх цифр і становить 136 см, однак він суттєво впав у порівнянні з аналогічним періодом минулого року, цьогорічний показник на 45 сантиметрів нижчий за показник минулого року.

На зниження контрольної позначки вплинула насамперед відсутність снігового покриву (*Рівень води...*, 2025).

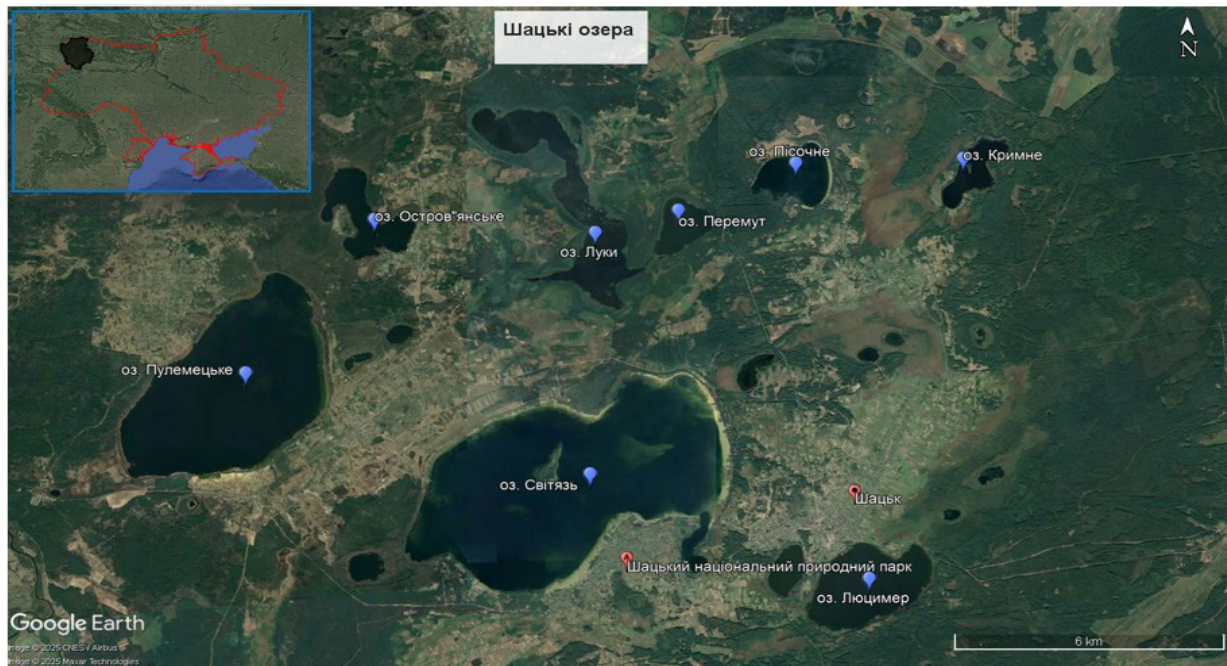
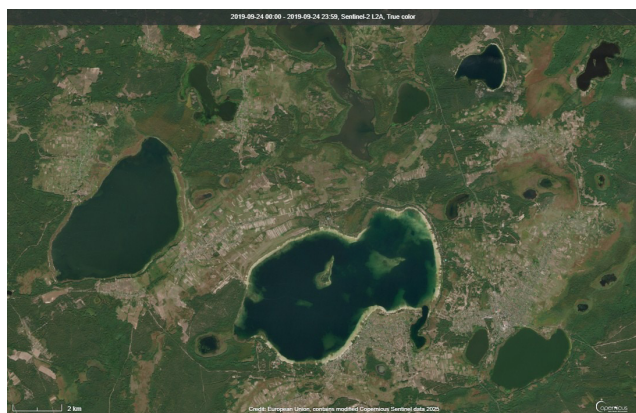


Рис. 1. Найбільші озера з групи Шацьких озер
Fig. 1. The largest lakes of the Shatsk Lakes group

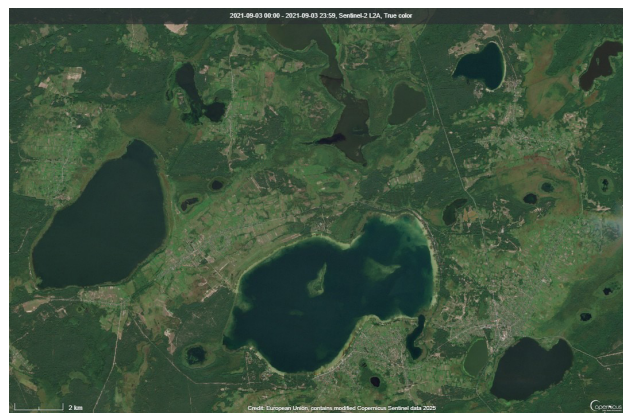
Для виявлення обміління засобами ДЗЗ, було проаналізовано космічні знімки території Шацьких озер, розміщені на онлайн-платформі Copernicus Browser (<https://browser.dataspace.copernicus.eu/>), які зроблені приблизно в один час у 2019 р., що відповідає максимальному обмілінню озер за останні роки, і 2021 р., коли рівень води в озерах відновився до

середньостатистичної норми (рис. 2). На космічному знімку, зробленому у 2019 р., серед усієї групи озер найкраще простежується обміління озера Світязь.

Для більш детального просторово-часового аналізу змін його водності було досліджено серію космічних знімків озера Світязь, зроблених приблизно в один і той самий час у період з 2017 до 2024 рр. (рис. 3).

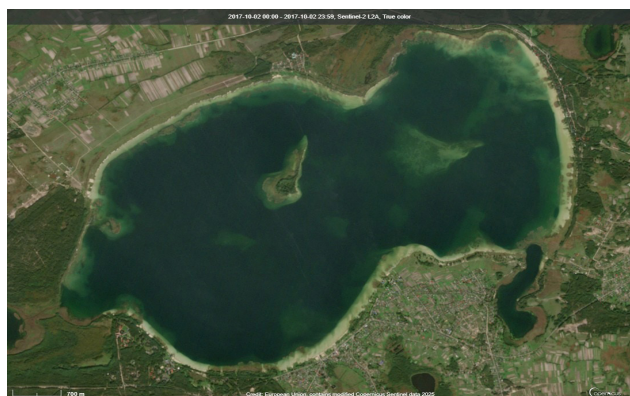


2019.09.24

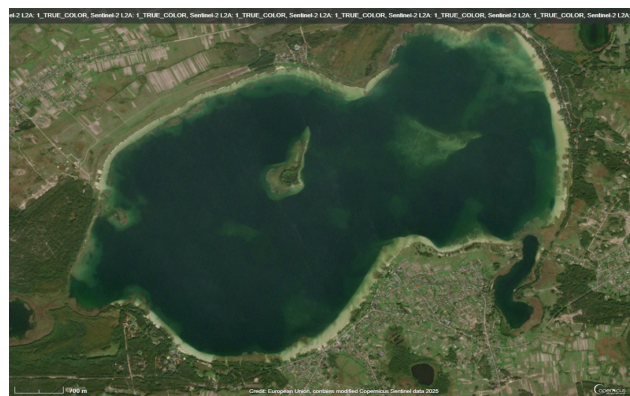


2021.09.03

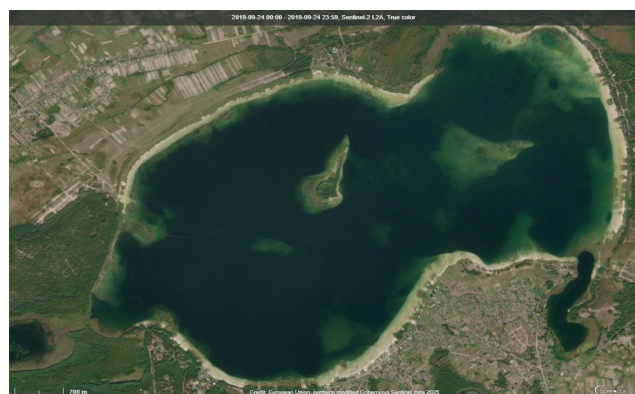
Рис. 2. Шацькі озера (космічні знімки Sentinel-2, 2LA, True color)
Fig. 2. Shatsk Lakes (Sentinel-2, 2LA, True color satellite images)



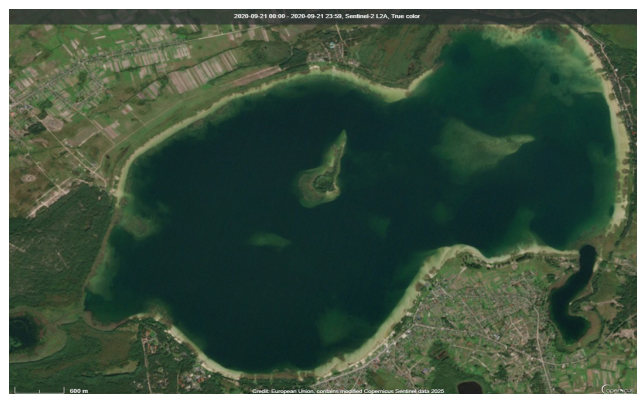
2017.10.02



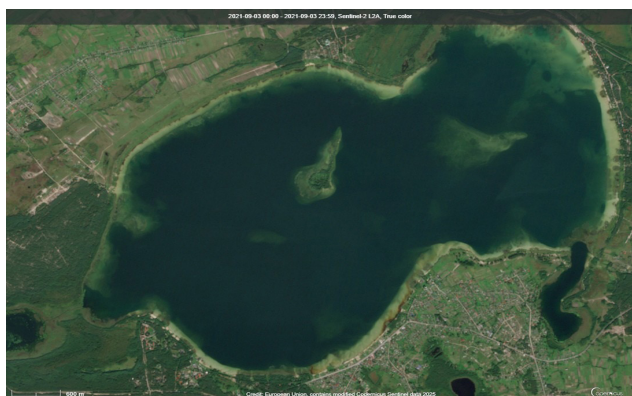
2018.10.12



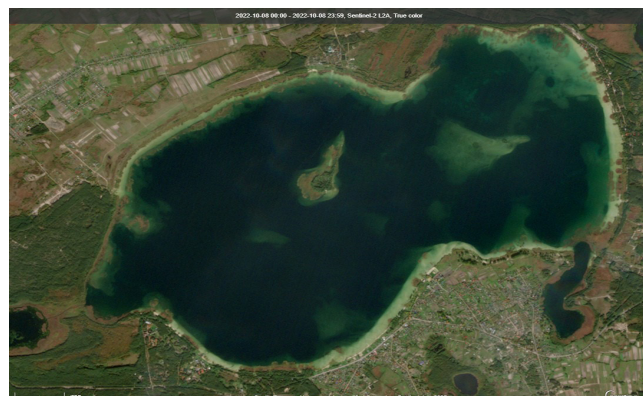
2019.09.24



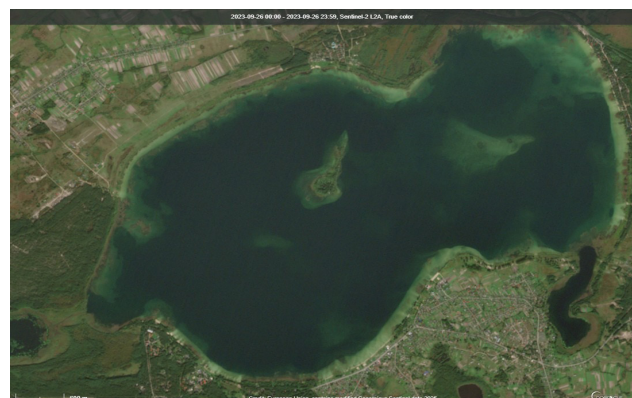
2020.09.21



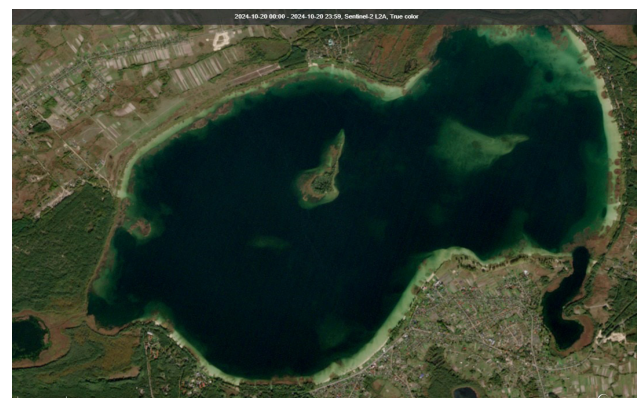
2021.09.03



2022.10.08



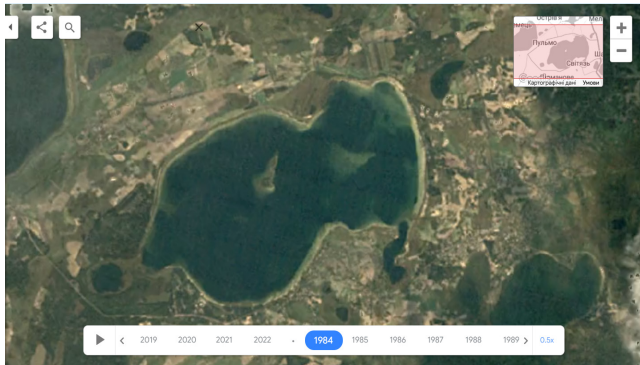
2023.09.26



2024.10.20

Рис. 3. Озеро Світязь (космічні знімки Sentinel-2, 2LA, True color)
Fig. 2. Lake Svitiaz (Sentinel-2, 2LA, True color satellite images)

Для візуалізації зміни водності озера Світязь за допомогою функції Google Earth Timelapse на хмарній платформі Google Earth Engine (<https://earthengine.google.com/>) було побудовано часову анімацію за період 1984-2022 рр. Переглянути анімацію можна за покликанням <https://earthengine.google.com/timelapse#v=51.50119,23.81713,11.473,latLng&t=0.86&ps=50&bt=19840101&et=20221231>.



Представлені космічні знімки і побудована часова анімація відображають зміни стану озера Світязь, його водності і відповідно обміління за останні сорок років, їх аналіз дає підстави стверджувати, що водність озера зменшилася, більш наглядно простежується обміління, причому не лише за береговою лінією озера, а й острова – безіменного, який у народі називають “островом кохання” (Шепеля, 2017) (рис. 4).

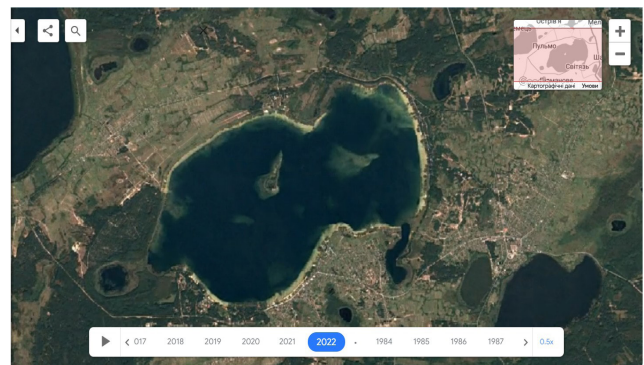


Рис. 4. Скріншоти з часової анімації зміни озера Світязь за період 1984-2022 рр.

Fig. 4. Screenshots from the time animation of Lake Svityaz changes over the period 1984-2022

Для відстежування динаміки зміни водності озера Світязь за космічними знімками було досліджено зміну берегової лінії і обміління навколо найбільшого острова озера за часовий період 2017-2024 рр. (рис. 5). Проведені дослідження показали, що умовна довжина острова (у найдовшій його частині, разом із прибережною смугою), виміряна за допомогою інструментів ресурсу Copernicus Browser, змінюється у незначному діапазоні величин (причиною цього

може бути неточність проведених вимірювань), однак простежується закономірність: у більш посушливі роки (2018, 2019 рр., за даними метеостанції Світязь (Цюп'ях, 2020)) – довжина виміряної лінії більша, ніж у вологіші (2021, 2022 рр.), що відображає коливання рівня води навколо острова і висоту острова (рівень берегової лінії) над зеркалом води озера, візуалізація берегової лінії острова також наглядно свідчить про зміну водності озера.

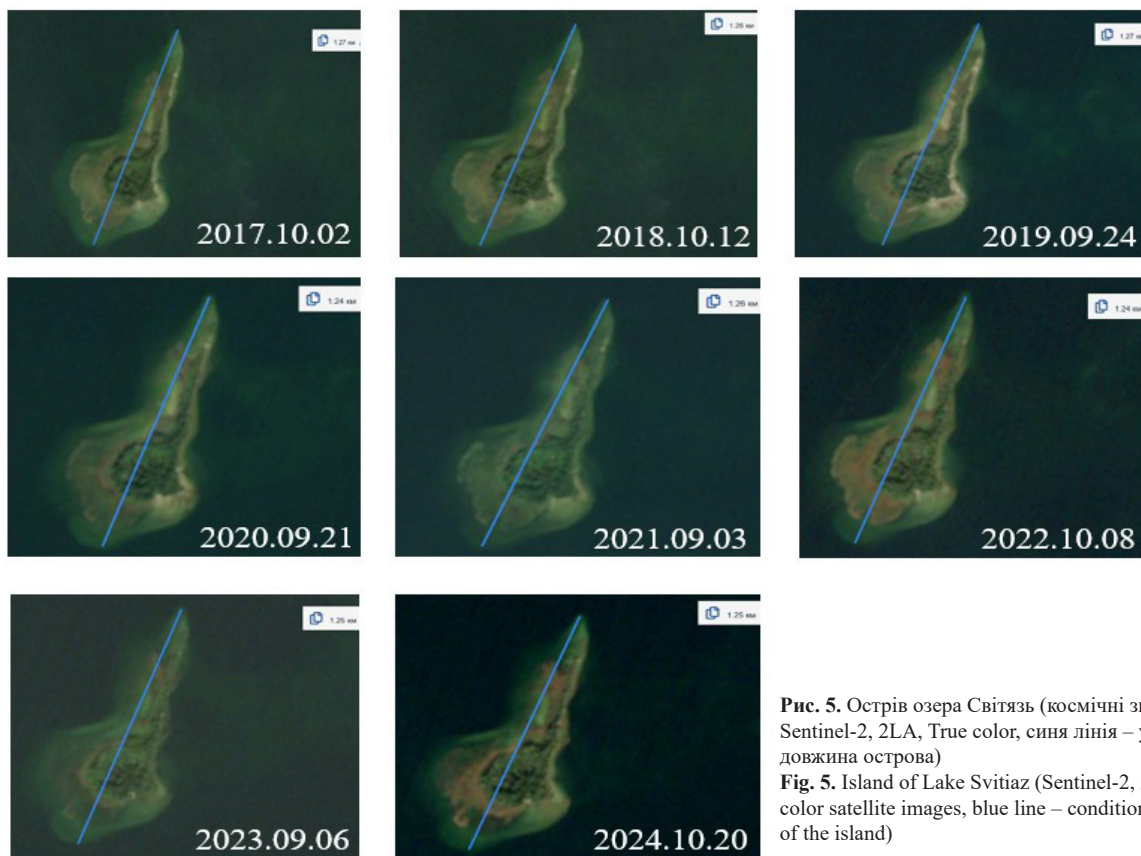


Рис. 5. Острів озера Світязь (космічні знімки Sentinel-2, 2LA, True color, синя лінія – умовна довжина острова)

Fig. 5. Island of Lake Svityaz (Sentinel-2, 2LA, True color satellite images, blue line – conditional length of the island)

Евтрофікація як процес, зумовлений природними і антропогенними факторами, характерний для Шацьких озер (Фесюк та ін, 2024). Для оцінки евтрофікації озера Світязь було розраховано індекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, Нормалізований диференційний вегетаційний індекс) за 5-річний період (рис. 6).

Гістограма розподілу значень NDVI за останні п'ять років (2020-2024 рр.) показує, що зміна вегетаційного індексу коливається у невеликому діапазоні величин, переважно від 0,2 до -0,2. Максимальне значення NDVI було зафіксовано 5 листопада 2021 р., для цієї дати було окремо розраховано вегетаційний індекс для озера Світязь, що представлено на рис. 7.

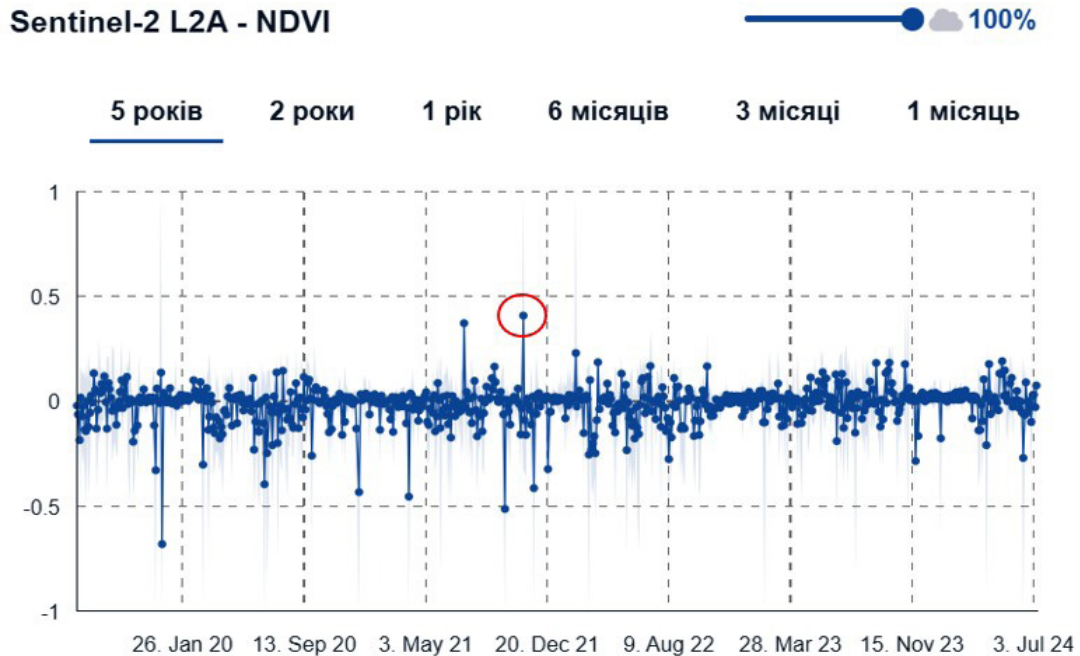


Рис. 6. Гістограма розподілу значень NDVI озера Світязь за період 2020-2024 рр.

Fig. 6. Histogram of the distribution of NDVI values of Lake Svitiaz for the period 2020-2024

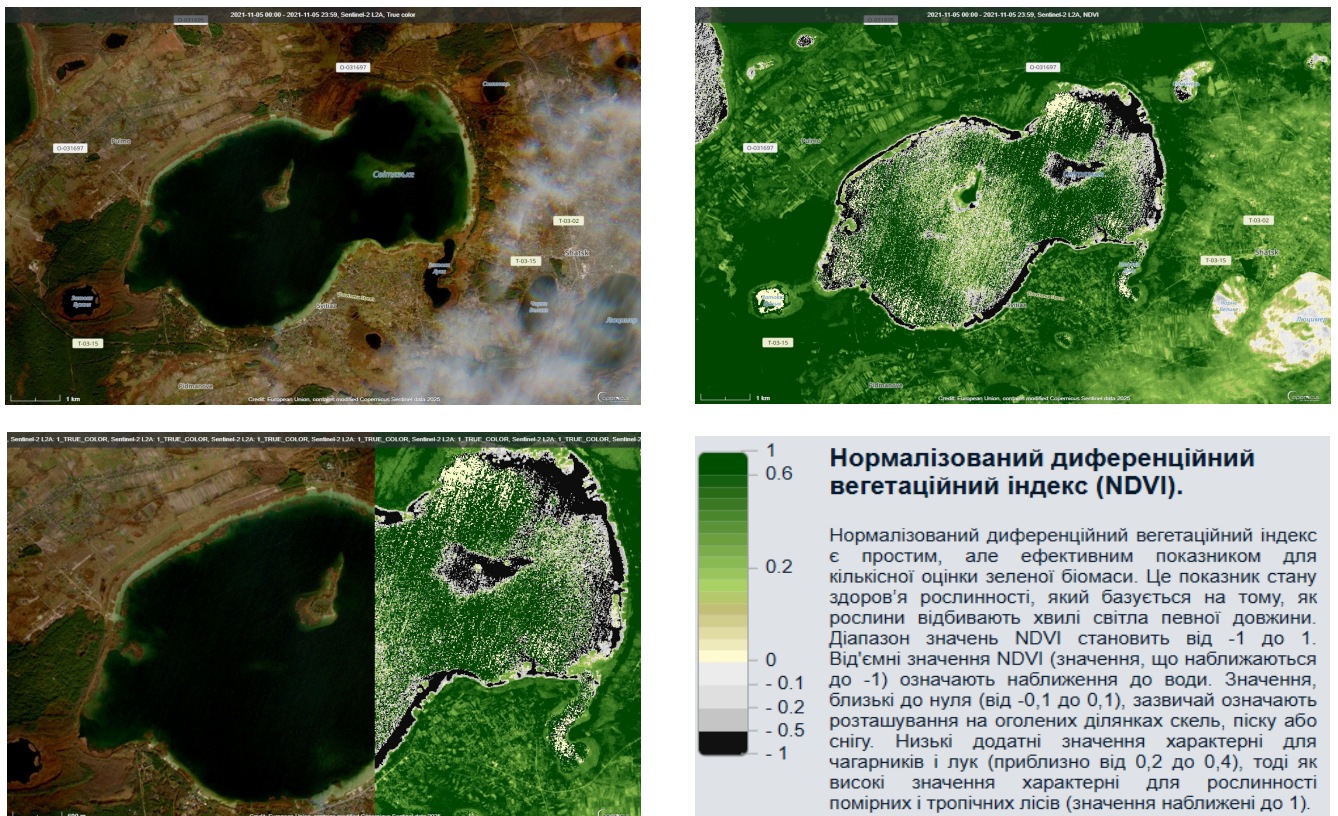


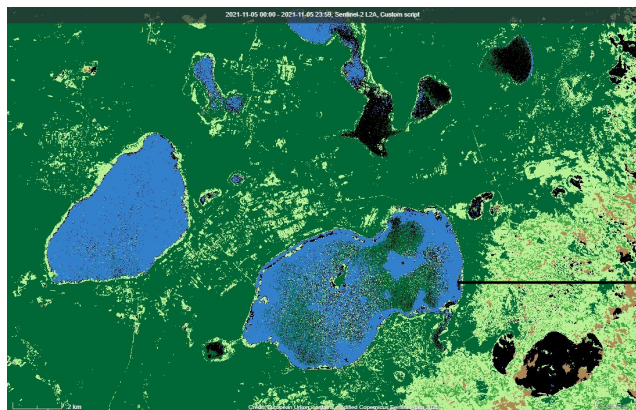
Рис. 7. Значення NDVI озера Світязь станом на 2021.11.05 (космічні знімки Sentinel-2, 2LA)

Fig. 7. NDVI value of Lake Svitiaz as of 2021.11.05 (Sentinel-2, 2LA satellite image)

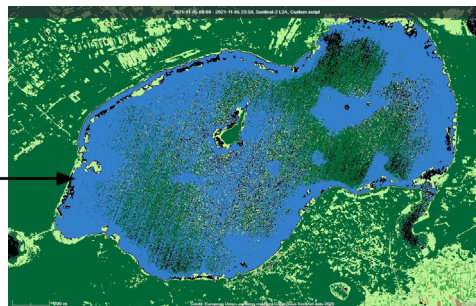
Додатково було застосовано спеціальний скрипт Custom script, що широко використовується у Copernicus Browser (<https://custom-scripts.sentinel-hub.com/>), для візуалізації території дослідження у день зафіксованої максимальної величини індексу NDVI за

період спостережень (рис. 8).

Поширення рослинності у межах озера Світязь (зеленим кольором) відображає значення вегетаційного індексу і за локалізацією аналогічне представленим результатам значень NDVI на рис. 7.



Система Шацьких озер



Озеро Світязь

Рис. 8. Застосування Custom script (космічні знімки Sentinel-2, 2LA за 2021.11.05)
Fig. 8. Application of Custom script (Sentinel-2, 2LA satellite images for 2021.11.05)

Застосування скрипту Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD) (Псевдощільність лісового навісу), який класифікує кожен піксель супутникових зображень на одну з категорій – високий ліс, низький ліс, пасовища, гола (відкрита) земля, вода, невідомий клас (Pseudo Forest Canopy Density...), дає змогу дослідити поширення природної рослинності, зокрема щільність лісового покриття (FCD). Приклад застосування скрипту для території Шацьких озер зображено на рис. 9.

У даних скриптах беруться до уваги природні компоненти (різні типи рослинності, водні об'єкти

тощо), антропогенний фактор не розглядається. Для аналізу антропогенного впливу на територію Шацьких озер на ресурсі ArcGIS Online із застосуванням Sentinel-2 10m Land Use / Land Cover Time Series було створено карту типів наземного покриття для території дослідження за 2017 і 2024 рр. (рис. 10). Порівняння двох різночасових карт типів наземного покриття відображає зміни, що відбулися у межах цієї території, простежуються тенденції, що мають місце у регіоні.

Окремо було проведені аналогічні дослідження для території навколо озера Світязь (рис. 11).

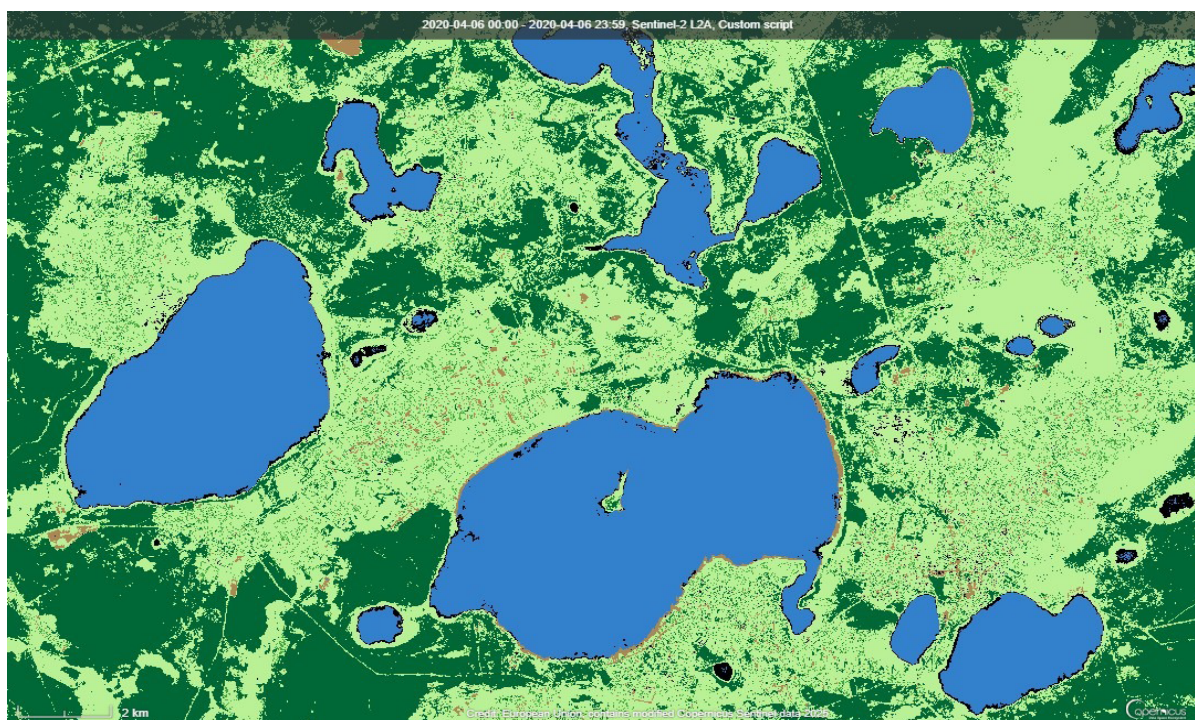
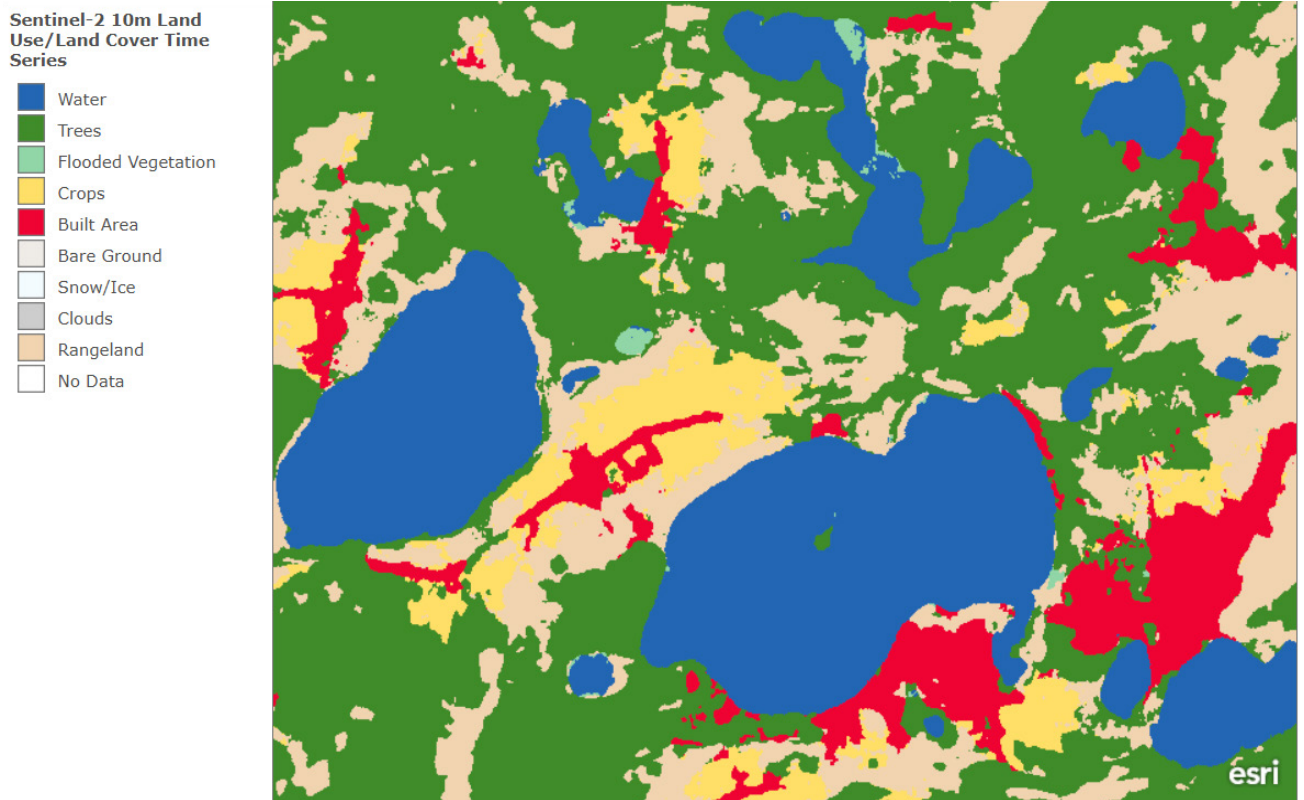
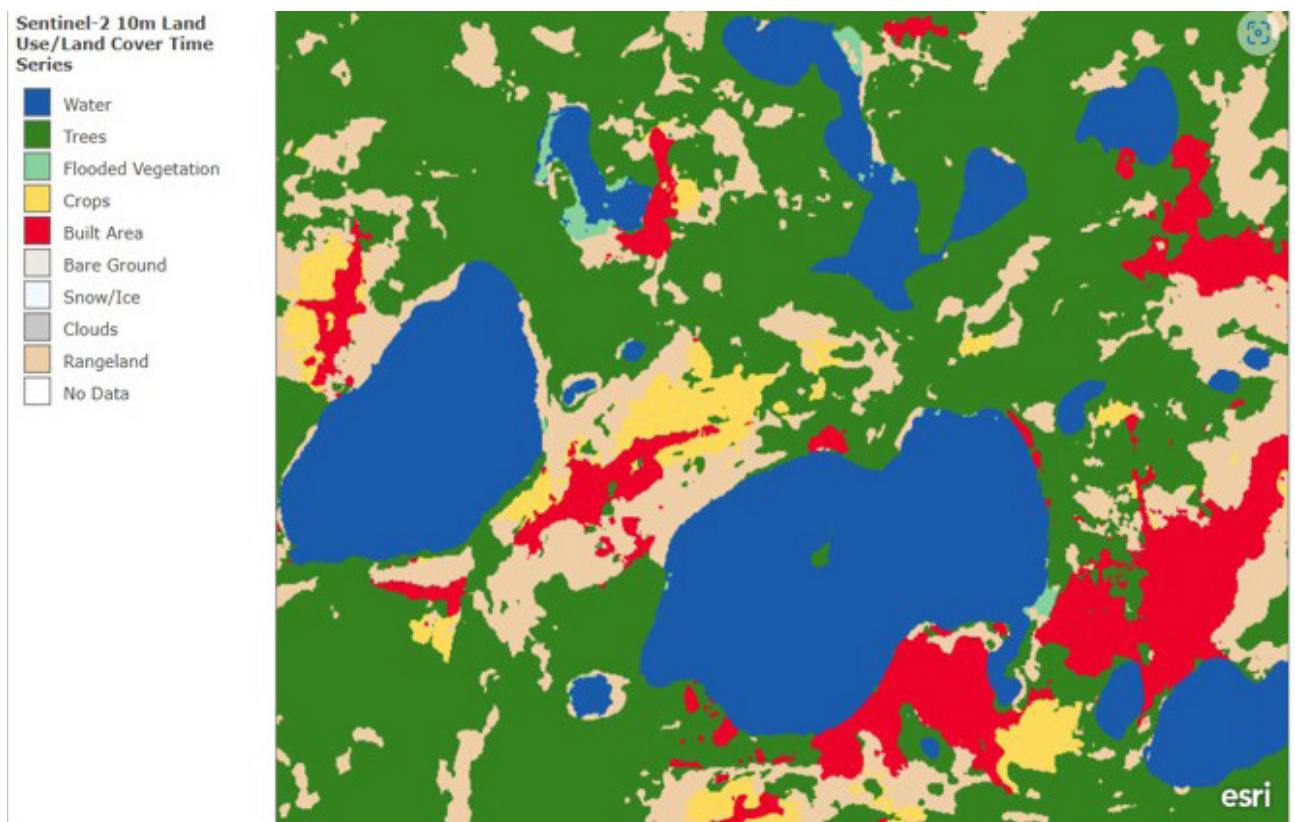


Рис. 9. Застосування скрипту Pseudo-FCD на знімку Sentinel-2, 2LA за 2020.04.06
Fig. 9. Application of the Pseudo-FCD script on Sentinel-2, 2LA image for 2020.04.06



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGiK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

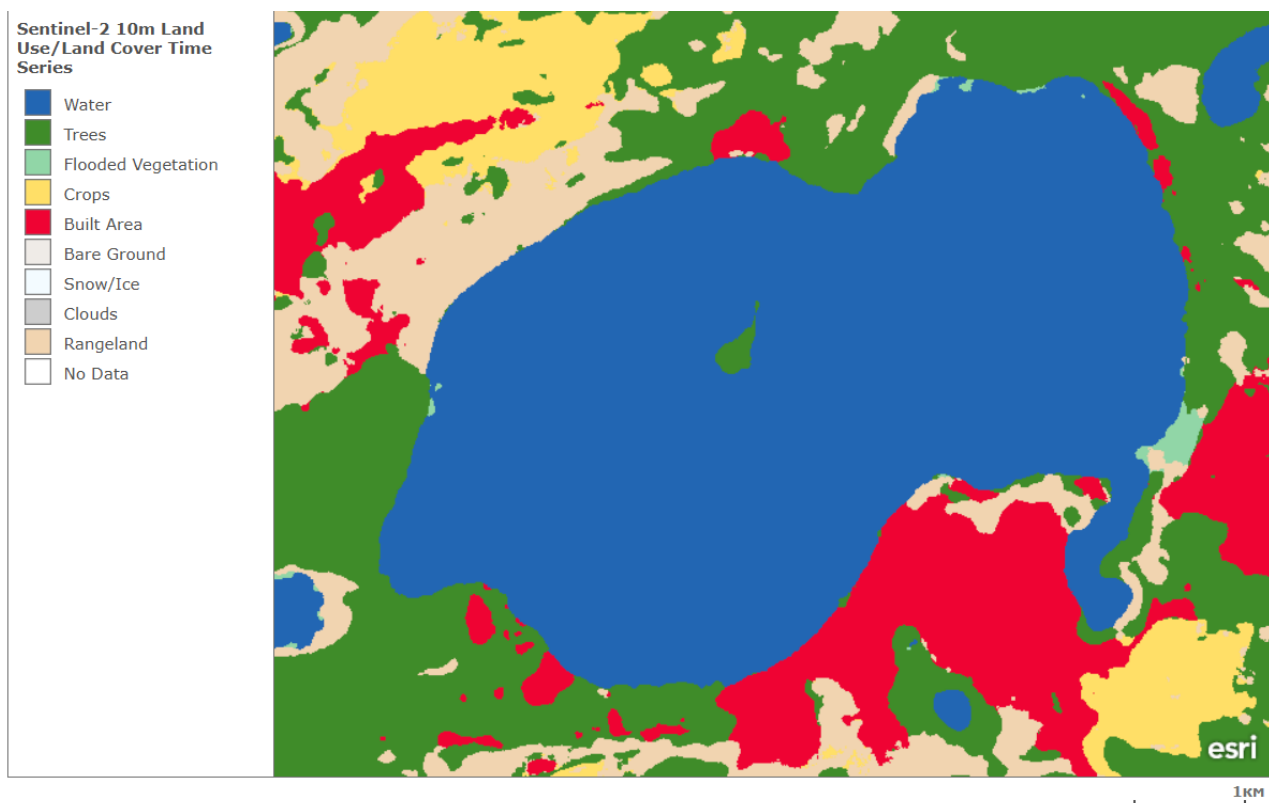


Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGiK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

Рис. 10. Карти типів наземного покриття території Шацьких озер, станом на 2017 і 2024 рр.
Fig. 10. Maps of land cover types in the Shatsk Lakes area, as of 2017 and 2024



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGIK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGIK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

Рис. 11. Карти типів наземного покриття території навколо озера Світязь, станом на 2017 і 2024 рр.
Fig. 11. Maps of the land cover types of the area around Lake Svitiyaz, as of 2017 and 2024

Представлені карти типів наземного покриття (рис. 10 і 11) наочно демонструють посилення антропогенного впливу на природні комплекси Шацьких озер, що відображається насамперед через збільшення площ забудованих територій. Поряд з тим простежується позитивна тенденція – збільшення площ лісових насаджень, в основному за рахунок зменшення площі пасовищ і сільськогосподарських земель.

Для прогнозування змін типів наземного покриття території Шацьких озер було застосовано карту Land Cover Vulnerability to Change 2050 – Global

(Прогнозована вразливість до зміни земного покриття до 2050 р.). Ця карта показує прогнозовану вірогідність зміни типу наземного покриття до 2050 р. (*Land Cover Vulnerability...*). Значення 1 означає, що піксель є одним з найбільш вразливих до змін, тоді як значення 0 – навпаки, що піксель є одним з найменш вразливих.

Для виявлення зазначених змін на карту типів наземного покриття території Шацьких озер було накладено карту прогнозованих змін типів наземного покриття до 2050 р., зменшивши її прозорість на 50% (рис. 12).



Esri, Intermap, NASA, NGA, USGS | GUGiK, Esri, TomTom, Garmin, GeoTechnologies, Inc, METI/NASA, USGS | Impact Observatory, Microsoft, and Esri.

Рис. 12. Вірогідність зміни типів наземного покриття території Шацьких озер до 2050 р.

Fig. 12. Probability of changes in land cover types in the Shatsk Lakes area by 2050

Відповідно до рис. 12, найменш вразливими до змін є водні об'єкти – власне озера, окрім прибережних смуг, що опосередковано може свідчити про подальше обміління і зменшення їх водності. Чітко простежується закономірність – менші озера за площею (Пісочне, Луки, Остров'янське, Люцимер) є більш вразливими до змін, ніж більші за площею озера (Світязь, Пулеметське). Відносно стійкими також є забудовані території і лісові масиви. Найменш стійкими і найбільш уразливими до змін є сільськогосподарські землі, пасовища і заплави – ті типи наземного покриття, складові природних комплексів, які найбільше потребують втручання людини для підтримання оптимальних показників їх стану і функціонування (сільськогосподарські угіддя, частково – пасовища), або які є екологістабілізуючими угіддями (заплави, пасовища – частково), збереження яких вкрай необхідне для підтримання екологічного стану території Шацьких озер на належному рівні.

5. Висновки

За допомогою даних ДЗЗ проаналізовано сучасний стан Шацьких озер та трансформаційні зміни природних комплексів території навколо озер. Встановлено, що основними екологічними проблемами даного регіону є: зменшення водності озер, обміління, евтрифікаційні процеси, зростання площ забудованих земель, насамперед забудова прибережних зон. Ці процеси мають тенденцію до прогресу, що сумарно негативно впливатиме на усю екосистему Шацьких озер, погіршуватиме функціонування даної природоохоронної території. Тому важливим є пошук шляхів покращення екологічного стану Шацьких озер, насамперед через впровадження і дотримання заходів раціонального і екологічнобезпечного земле- і водокористування у регіоні. Матеріали ДЗЗ дають широкі перспективи для природничо-екологічних

досліджень, зокрема для аналізу стану і часових змін як окремих компонентів довкілля, так і природних комплексів у цілому.

ORCID iD

Oksana M. Pidkova <https://orcid.org/0000-0003-1546-8768>

Список посилань

- Зузок, Ф. В. (Ред.). (2014). *Природа Західного Полісся, прилеглого до Хотиславського кар'єру: монографія*. Луцьк: Вежа.
- Ільїн, Л. В. (2008). *Лімнокомплекси Українського Полісся: монографія: У 2-х т. Т. 1: Природничо-географічні основи дослідження та регіональні закономірності*. Луцьк: РВВ Вежа ВНУ ім. Лесі Українки.
- Карпюк, З. К., & Фесюк, В. О. (2021). *Природоохоронні мережі Волинської області*. Луцьк: Терен.
- Клок, С. В., & Корнус, А. О. (2021). Окремі кліматичні характеристики території Шацьких озер: сьогодення, тренди та перспективи. (В. О. Фесюк, ред.) *У Шацьке поозер'я в контексті змін клімату: збірник матеріалів VI Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 22-31). Луцьк: ВНУ. https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-12/Шацьке-поозер%27я-Федонюк_0.pdf
- Ковальчук, С. В. (2022). Трансформація водних об'єктів Шацького поозер'я за результатами оцінки антропогенного навантаження на поверхневі води. *У The 6th International scientific and practical conference "Multidisciplinary scientific notes. Theory, history and practice"* (с. 42-45). Edmonton: International Science Group. <https://doi.org/10.46299/ISG.2022.2.6>
- Коніщук, В. В., & Христецька, М. В. (2023). Екологічна оцінка евтрофікації озер біосферного резервату "Шацький". *Агроекологічний журнал*, 3, 62–70. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287764>
- Літвицька, Л. Туристичний Світязь знову повноводний: рівень води в озері вимірюють щодня. (2021, Червень 23). *Суспільне Луцьк*. <https://suspilne.media/lutsk/141682-turistichnij-svitaz-znovu-povnovodnij-riven-vodi-v-ozeri-vimiruut-sodna/>
- Мартинюк, В. О., & Томченко, О. В. (2021). Використання засобів дистанційного зондування Землі до оцінювання природно-антропогенних трансформацій озер Поліського регіону. *Український журнал дистанційного зондування Землі*, 8(2), 27–35. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.2.194>
- Мольчак, Я. О. (Ред.). (2019). *Поверхневі води Волині: колективна монографія*. Луцьк: Терен.
- Назвали основні причини обміління озера Світязь. Відео. (2019, Серпень 01). Волинь Post. <https://www.volynpost.com/news/144083-nazvaly-osnovni-prychyny-obmilinnia-ozera-svitiaz-video>
- Порятунок Світязу: з чого почнуть. (2019, Листопад 13). Конкурент. <https://konkurent.ua/publication/48689/poryatunok-svityazu-z-chogo-pochnut/>
- Рівень води в озері Світязь суттєво впав. (2025, Березень 25). Конкурент. <https://konkurent.ua/publication/153579/riven-vodi-v-ozeri-svityaz-suttevo-vpav/>
- Фесюк, В. О. (Ред.). (2016). *Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія*. Луцьк: ТОВ Підприємство "Ві Ен Ей".

- Фесюк, В. О., Нетробчук, І. М., Полянський, С. В., & Довган, Д. Я. (2024). Особливості сучасного стану евтрофікації Шацьких озер. *Український журнал природничих наук*, 8, 279-288. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.29>
- Хильчевський, В. К., Плічко, Л. В., Забокрицька, М. Р., & Шерстюк, Н. П. (2025). Оцінка динаміки площі Шацьких озер за багаторічний період за даними дистанційного зондування у зв'язку з коливаннями їхнього рівня (1985–2023 pp.). *Журнал з геології, географії та геоecології*, 34(1), 126-135. <https://doi.org/10.15421/112512>
- Цюп'ях, М. Світязькій метеорологічній станції – 75 років. (2020, Листопад 26). Район.Шацьк. <https://shatsk.rayon.in.ua/topics/387420-svitiaskii-meteorologichnii-stantsiyi-75-rokiv>
- Шепеля, В. Які таємниці приховує Світязький острів. (2017, Серпень 15). Район.Шацьк. <https://shatsk.rayon.in.ua/news/37806-iaki-taemnitzi-prihovue-svitiaskii-ostriv>
- <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
- <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/>
- <https://earthengine.google.com/>
- <https://earthengine.google.com/timelapse/>
- <https://shnp.forest.gov.ua/>
- Khilchevskiy, V. K. & Plichko L. V. (2023). Application of the spectral indices Ri and NDWI for the ecological assessment of the state of the water area of Lake Svitiaz in connection with the dynamics of water. *У 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment* (p. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520012>
- Land Cover Vulnerability to Change 2050 – Global. Arcgis. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4040cafb922440f59d3ce52326402875>
- Normalized Difference Chlorophyll Index. Sentinel Hub custom script. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndci/>
- Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD). Sentinel Hub custom scripts. Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD) | Sentinel Hub custom scripts

References

- Zuzuk, F. V. (Red.) *Pryroda Zakhidnoho Polissya, prylehloho do Khotyslavskoho karyeru: monohrafiya* [Nature of Western Polissia adjacent to the Khotyslav quarry: a monograph]. Lutsk: Vezha. [In Ukrainian].
- Ilyin, L. V. (2008) *Limnokompleksy Ukrayinskoho Polissya: monohrafiya: U 2-kh t. T. 1: Pryrodnycho-heohrafichni osnovy doslidzhennya ta rehionalni zakonomirnosti* [Limnocomplexes of Ukrainian Polissia: monograph: In 2 volumes. Vol. 1: Natural and geographical foundations of research and regional patterns]. Lutsk: RVV Vezha VNU im. Lesi Ukrayinky. [In Ukrainian].
- Karpiuk, Z. K., & Fesiuk, V. O. (2021). *Pryrodookhoronni merezhi Volynskoyi olasti* [Nature protection networks of Volyn region]. Lutsk: Teren. [In Ukrainian].
- Khilchevskiy, V. K., Plichko, L. V., Zabokrytska, M. R., & Sherstyuk, N. P. (2025). Assessment of the dynamics of the surface area of the Shatsk Lakes over a long-term period based on remote sensing data in connection with fluctuations in their level (1985–2023). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 34(1), 126-135. <https://doi.org/10.15421/112512> [In Ukrainian].
- Khilchevskiy, V. K., & Plichko L. V. (2023). Application of the spectral indices Ri and NDWI for the ecological assessment of the state of the water area of Lake Svitiaz in connection with the dynamics of water. *In 17th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the*

- Environment* (p. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520012>
- Klok, S. V., & Kornus, A. O. (2021). Okremi klimatychni kharakterystyky terytoriyi Shatskykh ozer: sohodennya, trendy ta perspektyvy [Some climatic characteristics of the Shatsk Lakes area: present, trends and prospects] (V. O. Fesyuk, Red.). *Y Shatske poozerya v konteksti zmin klimatu: zbirnyk materialiv VI Mizhnarodnoyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi* (c. 22–31). Lutsk: VNU. https://lib.lntu.edu.ua/sites/default/files/2021-12/Шацьке-поозер%27я-Федонюк_0.pdf [In Ukrainian].
- Kovalchuk, S. V. (2022). Transformatsiya vodnykh ob'ektiv Shatskoho poozerya za rezultatsy otsinky antropohennoho navantazhennya na poverkhnevi vody [Transformation of water bodies of Shatsk Lake District based on the results of the assessment of anthropogenic load on surface waters]. *U The 6th International scientific and practical conference "Multidisciplinary scientific notes. Theory, history and practice"* (p. 42–45). Edmonton: International Science Group]. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287764>
- Konishchuk, V. V., & Khrystetska, M. V. (2023). Ekologichna otsinka evtrofikatsiyi ozer biosferneho rezervatu "Shatskyi" [Ecological assessment of eutrophication of lakes in Shatsk Biosphere Reserve]. *Ahroekologichnyy zhurnal*, 3, 62–70. <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2023.287764> [In Ukrainian].
- Litvytska, L. Turystychnyy Svityaz zнову povnovodnyy: riven vody v ozeri vymiryuyut shchodnya [Tourist Svitiáz is full again: the water level in the lake is measured daily]. (2021, Cherven 23). *Suspilne Lutsk*. <https://suspilne.media/lutsk/141682-turistichnij-svitaz-znovu-povnovodnij-riven-vodi-v-ozeri-vimiruut-sodna/> [In Ukrainian].
- Martyniuk, V. O., & Tomchenko, O. V. (2021). Vykorystannya zasobiv dystantsiynoho zonduvannya Zemli do otsinyuvannya pryrodno-antropohennykh transformatsiy ozer Poliskoho rehionu [The use of remote sensing tools to assess the natural and anthropogenic transformations of lakes in the Polissia region]. *Ukrayinskyi zhurnal dystantsiynoho zonduvannya Zemli*, 8(2), 27–35. <https://doi.org/10.36023/ujrs.2021.8.2.194> [In Ukrainian].
- Molchak, Ya. O. (Red.) *Poverkhnevi vody Volyni: kolektivna monohrafiya* [Surface waters of Volyn: a collective monograph]. Lutsk: Teren. [In Ukrainian].
- Nazvaly osnovni prychny obmilinnia ozera Svityaz. Video* [The main reasons for the shallowing of Lake Svitiáz were named. Video]. (2019, Serpen 01). Volyn Post. <https://www.volynpost.com/news/144083-nazvaly-osnovni-prychyny-obmilinnia-ozera-svitiaz-video> [In Ukrainian].
- Poryatunok Svityazyu: z choho pochnut* [Saving Svitiáz: where to start]. (2019, Lystopad 13). Konkurent. <https://konkurent.ua/publication/48689/poryatunok-svityazu-z-chogo-pochnut/> [In Ukrainian].
- Riven vody v ozeri Svityaz suttyevo vpav* [The water level in Lake Svitiáz has dropped significantly]. (2025, Berezen 25). Konkurent. <https://konkurent.ua/publication/153579/riven-vodi-v-ozeri-svityaz-suttyevo-vpav/> [In Ukrainian].
- Fesiuk, V. O. (Red.). (2016). *Suchasnyy ekologichnyy stan ta perspektyvy ekologichno bezpechnoho stiykoho rozvytku Volynskoyi oblasti: kolektivna monohrafiya* [Current ecological state and prospects for environmentally safe sustainable development of Volyn region: collective monograph]. Lutsk: TOV Pidpryemstvo «Vi En Ey». [In Ukrainian].
- Fesiuk, V. O., Netrobchuk, I. M., Polianskyi, S. V., & Dovhan, D. Ya. (2024). Osoblyvosti suchasnoho stanu evtrofikatsiyi Shatskykh ozer [Features of the current state of eutrophication of Shatsk Lakes]. *Ukrayinskyi zhurnal pryrodnychuykh nauk*, 8, 279–288. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.29> [In Ukrainian].
- Tsiupiyakh, M. Svityazkiy meteorologichnyi stantsiy – 75 rokov [Svitiáz Meteorological Station is 75 years old]. (2020, Lystopad 26). *Rayon. Shatsk*. <https://shatsk.rayon.in.ua/topics/387420-svitiazkii-meteorologichnii-stantsiyi-75-rokiv> [In Ukrainian].
- Shepelia, V. Yaki tayemnytsi prykhovuye Svityazkyy ostriv [What secrets Svitiáz Island hides]. (2017, Serpen 15). *Rayon. Shatsk*. <https://shatsk.rayon.in.ua/news/37806-iaki-taemnytsi-prihovue-svitiazkii-ostriv> [In Ukrainian].
- <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
<https://custom-scripts.sentinel-hub.com/>
<https://earthengine.google.com/>
<https://earthengine.google.com/timelapse/>
<https://shnp.forest.gov.ua/>
- Land Cover Vulnerability to Change 2050 – Global. Arcgis. <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=4040cafb922440f59d3ce52326402875>
- Normalized Difference Chlorophyll Index. Sentinel Hub custom script. <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndci/>
- Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD). Sentinel Hub custom scripts. Pseudo Forest Canopy Density (Pseudo-FCD) | Sentinel Hub custom scripts.