

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Кафедра геології та екології

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи
за ступенем вищої освіти «бакалавр»
зі спеціальності 103 Науки про Землю ОПП Геологія

Тема роботи

**«РЕТРОСПЕКТИВА ДИНАМІКИ ЗМІНИ ЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ
КАЛАМУТНОСТІ КРЕСІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА ДАНИМИ
СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ»**

Виконала здобувачка групи НЗГ-20

Науковий керівник

Нормоконтролер

В.о. завідувача кафедри

Єфрем БОРЕЙКО

Віталій ХАРИТОНОВ

Олександр ТРУНІН

Світлана ПАНОВА

Кривий Ріг

2024

Криворізький національний університет

Гірничо-металургійний факультет

Кафедра геології та екології

Ступінь вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Спеціальність: 103 Науки про Землю ОПІ Геологія

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри _____ Світлана ПАНОВА

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну (бакалаврську) роботу

Борейка Єфрема Олександровича

1. Тема: «Ретроспектива динаміки зміни значення індексу каламутності Кресівського водосховища за даними супутникових знімків»

Затверджена наказом по КНУ № 154с від «19» лютого 2024 р.

2. Термін подання студентом закінченої роботи: «5» травня 2024 р.

3. Вихідні дані по кваліфікаційній бакалаврській роботі:

– значення індексу каламутності і температури в межах Кресівського водосховища за період з 2019 по 2023 р., отримані на порталі EO Browser.

4. Зміст пояснювальної записки:

– реферат;

– зміст;

– вступ;

– загальні відомості про Кресівське водосховище;

– фактичний матеріал і методи дослідження;

– ретроспектива динаміки зміни значення індексу каламутності Кресівського водосховища за даними супутникових знімків;

– висновки;

– список використаних джерел;

– додатки.

5. Перелік графічного матеріалу:

Аркуш 1. Положення Кресівського водосховища.

Аркуш 2. Вихідні супутникові знімки візуалізовані значення індексу каламутності (NDTI) і температури.

Аркуш 3. Діаграми зміни значень індексу NDTI у період з 2019 до 2023 рр.

Аркуш 4. Діаграми зміни значень температури у період з 2019 до 2023 рр.

Аркуш 5. Кореляційний і регресійний аналіз між значеннями індексу NDTI і температури.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	к.геол.н. доцент Віталій ХАРИТОНОВ	20.02.2024 р.	20.03.2024 р.
2	к.геол.н. доцент Віталій ХАРИТОНОВ	21.03.2024 р.	22.04.2024 р.
3	к.геол.н. доцент Віталій ХАРИТОНОВ	23.04.2024 р.	03.06.2024 р.

7. Календарний план

Етапи роботи	Термін виконання
Написання розділу 1.	20.02.2024 р. - 20.03.2024 р.
Написання розділу 2.	21.03.2024 р. - 22.04.2024 р.
Написання розділу 3.	23.04.2024 р. - 23.05.2024 р.
Написання розділів «Реферат», «Вступ», «Висновки», «Список використаних джерел».	24.05.2024 р. - 03.06.2024 р.

Дата видачі завдання «20» лютого 2024 р.

Завдання видав

науковий керівник

Віталій ХАРИТОНОВ

Завдання отримав

здобувач

Єфрем БОРЕЙКО

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 28 с., 8 рис., 4 табл., 10 літературних джерела, 1 додаток.

Об'єкт досліджень: Кресівське водосховище.

Предмет досліджень: динаміка коливань значення індексу NDTI.

Мета роботи: на основі даних супутникових знімків Sentinel-2 з'ясувати тенденції змін індексу каламутності за період з 2019 по 2023 рік і порівняти їх зі зміною значень температури поверхні води Кресівського водосховища, виявлені за допомогою знімків супутника Landsat 8-9.

Задачі роботи: аналіз інформаційні джерел; відбір і завантаження знімків супутників Sentinel-2 і Landsat 8-9; оконтурення на них площі Кресівського водосховища; вивантаження значень індексу NDTI і температури за п'ять років; групування даних за сезонами за допомогою таблиць Excel; побудова графіків зміни значень індексу NDTI і температури; кореляційний і регресійний аналіз.

Ключові слова: Кресівське водосховище, індекс каламутності, водні об'єкти, геоінформаційні системи, дистанційне зондування Землі.

ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
Розділ 1. Загальні відомості про Кресівське водосховище.....	9
1.1 Загальна характеристика.....	9
1.2 Огляд інформаційних джерел.....	11
1.3 Постановка проблемного питання і наукова гіпотеза.....	13
Розділ 2. Фактичний матеріал і методи дослідження.....	15
Розділ 3. Ретроспектива динаміки зміни значення індексу каламутності Кресівського водосховища за даними супутникових знімків.....	18
ВИСНОВКИ.....	22
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	24
ДОДАТКИ.....	26

ВСТУП

Вода відіграє важливу роль у всіх аспектах життя людей, роблячи її ключовим елементом цивілізації. Питна вода є основною умовою для підтримки здоров'я і життя людей. Без доступу до чистої та безпечної води неможливо уникнути захворювань і забезпечити нормальний розвиток суспільства. По-друге, сільське господарство значною мірою залежить від води, яка використовується для зрошення та поливу полів. Третя важлива сфера — промисловість. У виробничому секторі вода використовується в гірничо-металургійній промисловості нашого міста.

Водні екосистеми також важливі для збереження біорізноманіття та екологічного балансу. Вода має естетичне та рекреаційне значення, забезпечуючи можливості для відпочинку, туризму і позитивного впливу на психічне здоров'я людей.

Кресівське водосховище є одним із основних джерел водопостачання міста Кривого Рогу. Воно розташоване на річці Саксагань в межах міста і є частиною каскаду Саксаганських водосховищ разом з Макортовським та Саксаганським. Свою назву водосховище бере від аббревіатури КРЕС, що розшифровується як Криворізька районна електрична станція.

Одним з важливих показників якості води у водосховищах є індекс каламутності. Він використовується для вимірювання ступеня прозорості води, що є важливим для життя водних організмів. Індекс вимірюється на основі оптичних властивостей води, тобто кількість світла, яке проходить через неї. Чим вищий індекс каламутності, тим менше світла проникає через воду, що може вказувати на більшу кількість суспендованих часток або інших забруднень у водоймі. З розвитком геоінформаційних технологій рівень каламутності води у водоймі можна встановити за індексом NDTI (нормалізованої різниці каламутності), який оцінюється за допомогою показника спектрального відбитка пікселів води. Зі збільшенням каламутності збільшується відбивна здатність червоного спектра

водної поверхні. Значення NDTI коливається в межах від -1 до 1. Каламутна вода відповідає діапазону значень від 0,4 до 1. Виявлення особливостей динаміки зміни значень NDTI в межах Кресівського водосховища є актуальним прикладним питанням. Особливо важливо прослідкувати, як змінився показник водойми після підриву греблі Каховського водосховища.

Мета досліджень – на основі даних супутникових знімків Sentinel-2 з'ясувати тенденції змін індексу каламутності за період з 2019 по 2023 рік і порівняти їх зі зміною значень температури поверхні води Кресівського водосховища, виявлені за допомогою знімків супутника Landsat 8-9.

Об'єкт досліджень – Кресівське водосховище. **Предмет** – динаміка коливань значення індексу NDTI.

Для досягнення поставленої мети були виконані такі завдання:

- 1 аналіз інформаційні джерел;
- 2 відбір і завантаження знімків супутників Sentinel-2 і Landsat 8-9;
- 3 оконтурення на них площі Кресівського водосховища;
- 4 вивантаження значень індексу NDTI і температури за п'ять років;
- 5 групування даних за сезонами за допомогою таблиць Excel;
- 6 побудова графіків зміни значень індексу NDTI і температури;
- 7 кореляційний і регресійний аналіз.

Методами дослідження відповідно до мети та конкретних завдань були обрані: статистичний, картографічний, аналітичний.

Наукова гіпотеза – за останні п'ять років індекс каламутності в межах Кресівського водосховища підвищився, що пов'язано з несприятливою екологічною ситуацією в місті, з глобальною і локальною зміною клімату, а також у зв'язку зі зменшенням рівня води у водосховищі через підвищений водозабір з нього після підриву греблі Каховської ГЕС.

Практичне значення – виявлення динаміки зміни значень індексу NDTI важливе для розуміння стану місцевої екосистеми, яка зазнає негативного впливу від гірничодобувних і гірничо-металургійних підприємств регіону, а також у зв'язку з різкою зміною гідрорежиму.

Наукова новизна. Вперше за допомогою даних дистанційного зондування землі виявлені особливості зміни індексу каламутності в межах Кресівського водосховища.

Під час проходження переддипломної практики укладач звіту користувався порадами і слушними зауваженнями доцента кафедри геології та екології Криворізького національного університету кандидата геологічних наук доцента Віталія Миколайовича Харитонова, за що висловлює йому слова щирої вдячності.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО КРЕСІВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ

1.1 Загальна характеристика

На Криворіжжі протікають 8 річок, всі вони належать до басейну Дніпра. Головна річка – Інгулець, до неї впадають такі притоки: Саксагань, Зелена, Жовта, Бокова (з притокою Боковенька), Вербова (притока річки Вісунь, яка в свою чергу впадає в Інгулець), а також Кам'янка – притока річки Базавлук. Усі річки, крім Інгульця, є малими.

З початку 1930-х років через розвиток промисловості та зростання населення в Кривому Розі виникла потреба у великих запасах води. Тому в місті було створено багато штучних водних об'єктів. Основними джерелами водопостачання Кривого Рогу є Карачунівське водосховище (об'єм 288,5 млн м³) на річці Інгулець та Південне водосховище (об'єм 57,3 млн м³). Для технічного водопостачання підприємств і зрошення сільськогосподарських земель використовують воду з Іскрівського, Кресівського, Саксаганського та Макортівського водосховищ [2]. До системи водопостачання м. Кривого Рогу відноситься канал Дніпро-Кривий Ріг, який було створено в південній частині району. Він за допомогою системи перекачування постачав воду до водосховища Південне, з якого забезпечувалося 70% потреб міста у воді, та після руйнації греблі КахГЕС до водосховища Південне припинила надходити вода, оскільки зазначена система перестала працювати [3].

Кресівське водосховище розташоване на річці Саксагань у північно-східній частині Кривого Рогу, у Покровському та Тернівському районах. Воно є частиною каскаду Саксаганських водосховищ і назване на честь Криворізької районної електричної станції (КРЕС). Площа водосховища – 5,2 км², об'єм – 10,22 млн м³,

середня глибина – 1,96 м. У Кресівське водосховище впадають кілька приток, серед яких балки Крута, Сухенька, Глеювата, Солонувата та Рокувата. Зараз його з'єднали з водосховищем Південним для поповнення об'ємів.

На берегах водосховища розташовані житлові райони, такі як КРЕС, Божедарівка, Окунівка, Рибасове, 129-й квартал, Суха Балка, Соколовка, мікрорайон Зарічний (4-й та 5-й), селище Кресівське-2, а також парк Шахтарський з пляжем.

Екологічну небезпеку для Кресівського водосховища становлять стоки, сміттєзвалища та близькість приватного сектору селища Соколовка і мікрорайону Зарічний. На відстані 2-3 км на північний захід розташовані кар'єри та відвали ПрАТ «ЦГЗК», що також можуть впливати на якість води. Незважаючи на те, що водосховище призначене для технічних цілей, на його берегах є багато рекреаційних об'єктів – лісопарки, пляжі, профілакторії. Вода з водосховища також використовується для зрошення дач та сільськогосподарських угідь, тут розвинуте рибальство.



Рис. 1.1. Супутниковий знімок Кресівського водосховища.

Ресурс GoogleEarth Pro

1.2 Огляд інформаційних джерел

Питанням дослідження рівня забруднення, у тому числі індексу каламутності, присвячено багато робіт [4-6, 8-10].

В роботі [4] зазначається про обсяги скидання забруднюючих речовин у водні об'єкти Дніпропетровської області, а також про заходи з очищення стічних вод у 2021 р. А саме зі зворотними водами було скинуто 373,16 тис. т забруднюючих речовин. Серед них (тис. т): а) скиди органічних речовин – 10,4; б) біогенних речовин (азот, амонійний, нітрит-іони, нітрат-іони, фосфати) – 7,04; в) скиди небезпечних речовин (алюмінію – 0,0072 ; заліза – 0,037; кобальту – 0,0000002; марганцю – 0,00005; міді – 0,0006; хрому загального – 0,0013; хрому⁶⁺ – 0,0000017; цинку – 0,0015; сполук кадмію – 0,0000132; сполук нікелю – 0,0039; сполук свинцю – 0,0000382 тис. т.; нафтопродуктів – 0,0355; СПАР – 0,01392; карбамідів – 0,0054648; фенолів – 0,0000339.

Порівняно з 2021 р. забруднюючих скидів у водні об'єкти Дніпропетровщини у 2022 р. було більше — 497,04 тис. т [6]

В роботі [5] представлені результати вивчення декількох водних об'єктів Дніпропетровської області, у тому числі річки Саксагань - на ділянці неподалік греблі Кресівського водосховища. Автори наголошують про наявність у водах заліза, кадмію, марганцю, міді, цинку, хрому, свинцю, нікелю і кобальту. За показником індексу забруднення води, який коливається в межах 0,3-1, води Саксагані віднесені вченими до другого класу якості.

Автори статті [8], використавши методологію комплексної оцінки стану міського водного середовища на прикладі системи озер Опечень та водойм-кар'єрів озер Вербне і Редькіне у м. Києві, довели ефективність спектрально-текстурного аналізу космічних знімків для отримання базової інформації для дистанційної оцінки стану водойм. Наприклад, індекси озерності, каламутності, а також

альгоіндекс, отримані зі супутника Sentinel-2 та даних розподілу температури поверхні з супутника Landsat-8.

Публікація [9] присвячена дослідженню якості вод, що омивають узбережжя Флориди, за період з 1990 по 2021 рр. Вчені використовували супутникові зображення, серед яких були знімки зроблені Landsat-8 і Sentinel-2. Вивчались декілька показників якості води, у тому числі індекс NDTI. Було встановлено, за останні роки каламутність води зросла, що науковці пояснюють збільшенням цвітіння води, чому сприяє загальне потепління на планеті. Також автори статті порівняли дані про якісні показники вод, отримані попередниками при безпосередньому вивченні зразків води, з даними отриманими зі супутників. В результаті вони дійшли висновку, що результати мають значний збіг. Отже, використання ГІС-технологій і методик дистанційного зондування Землі для дослідження якості води може бути з успіхом використане у сучасний момент.

У роботі «Біоіндикація якості поверхневих вод м. Кривий Ріг» [10] наведені дані про якість поверхневих вод нашого міста в декількох точках моніторингу, у тому числі в межах Кресівського водосховища (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Якісні показники вод Кресівського водосховища [10]

№ з/п	Назва показника	Значення показника
1	колір	безбарвна рідина без відтінку
2	каламутність, мг/дм ³	-
3	забарвленість, градуси	6,5
4	загальна жорсткість, ммоль/дм ³	5,2
5	хлориди, мг/дм ³	187,21
6	сульфати, мг/дм ³	79,49
7	водневий показник, рН	9,13
8	загальна мінералізація, мг/дм ³	201

У публікації [1] розглянута проблема евтрофікації Кам'янського водосховища. Авторами визначені індекси NDTI, NDVI, NDAI та температури за даними

супутникових знімків. Застосувавши ГІС-технології науковці дійшли висновків, що за останні роки в межах водосховища збільшився рівень цвітіння води, на що сильно негативно вплинуло підвищення температури та помірно - підвищення значення каламутності води (за індексом NDTI).

З аналізу опрацьованої літератури та інших інформаційних джерел можна зазначити, що оцінка якості вод за індексом каламутності NDTI, за супутниковими даними, є поширеною практикою. Вона застосовується дослідниками обох півкуль планети. В межах Кресівського водосховища подібна робота не проводилась, що підтверджує важливість і актуальність обраної теми для випускної кваліфікаційної роботи бакалавра.

1.3 Постановка проблемного питання і наукова гіпотеза

Дослідження динаміки зміни значень NDTI в межах Кресівського водосховища є актуальним не тільки з точки зору екології, але й з соціально-економічного та технічного аспектів. Це допоможе забезпечити якісну воду для населення, зберегти екологічну рівновагу та ефективно реагувати на можливі загрози. В основі проблемного питання, на вирішення якого направлені дослідження автора роботи, лежать такі фактори.

1. Водосховище є одним з основних джерел водопостачання для міста Кривий Ріг. Якість води в цьому водосховищі безпосередньо впливає на здоров'я та добробут населення. Високий рівень каламутності може свідчити про забруднення, яке потребує додаткового очищення перед споживанням.

2. Каламутність води впливає на прозорість та проникнення світла, що є критичним для життя водних організмів. Висока каламутність може зменшувати фотосинтез в водоростях і негативно впливати на екосистему водосховища, що може призвести до зниження біорізноманіття.

3. Підрив греблі Каховського водосховища міг спричинити значні зміни в гідрологічних умовах, що вплинуло на всі водосховища каскаду, включаючи

Кресівське. Моніторинг каламутності за допомогою NDTI дозволяє оцінити масштаб і характер цих змін, що є важливим для розробки заходів з відновлення та запобігання подібним ситуаціям у майбутньому.

4. Використання індексу NDTI для моніторингу каламутності води є сучасним і ефективним підходом. Це дозволяє отримувати оперативні та точні дані про стан водосховища, що є важливим для швидкого реагування на зміни та прийняття управлінських рішень.

5. Висока каламутність води може збільшити витрати на очищення води для питних потреб та промислового використання. Регулярний моніторинг та своєчасне виявлення проблемних зон можуть допомогти знизити ці витрати, забезпечуючи стабільну роботу водопостачальних систем.

Наукова гіпотеза, яку висуває автор роботи звучить так:

– за останні п'ять років індекс NDTI в межах Кресівського водосховища підвищився, що пов'язано з несприятливою екологічною ситуацією в місті, з глобальною і локальною зміною клімату, а також у зв'язку зі зменшенням рівня води у водосховищі через підвищений водозабір з нього після підриву греблі Ках ГЕС.

РОЗДІЛ 2

ФАКТИЧНИЙ МАТЕРІАЛ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

В основу досліджень випускної роботи покладена методика, передбачена можливостями порталу EO Browser [7].

Пошук супутникових знімків здійснювався за такими параметрами.

1. Для отримання температурних даних - супутник Landsat 8-9.
2. Для отримання вихідних даних для розрахунку індексу NDTI - супутник Sentinel-2.
3. Хмарність 10%.
3. Діапазон дат від січня 2019 р. до січня 2024 р.

Після вибору знімків задовільної якості за грудень 2023 р. їх було візуалізовано за індексом температури (знімок супутника Landsat 8-9) і за формулою індексу NDTI (знімок супутника Sentinel-2), було розраховано за формулою 2.1.

$$NDTI=(B04-B03)/(B04+B03), \quad (2.1)$$

де $B04$ – спектр червоного; $B03$ – спектр зеленого.

Для цього був використаний модуль «Індивідуальні налаштування» на лівій панелі «Візуалізація» з використанням зазначених у формулі 2.1 спектральних каналів. Діапазон значень було задано від -1 до +1.

Далі на вкладці «Шари» був активований шар «Вода», в результаті контури водних об'єктів, у тому числі Кресівського водосховища, проступили чітко. Далі, за

допомогою інструменту «Полігон» була відбудована берегова лінія водосховища. Після чого шар «Вода» був деактивований (рис. 2.1).

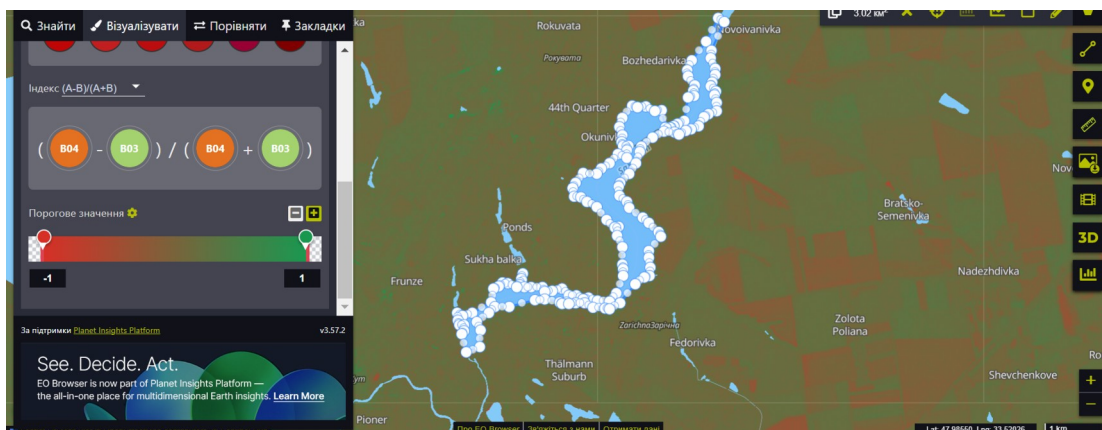


Рис. 2.1. Контур берегової лінії Кресівського водосховища на візуалізованому в індексі NDTI супутникову знімку Sentinel-2

Після, на панелі інструменту «Полігон» була активована функція «Статистика». Зазначивши інтервал часу 5 років, ми отримали графіки значень індексу каламутності (рис. 2.2). Зазначена інформація була вивантажена у вигляді файлів з розширенням *.csv.

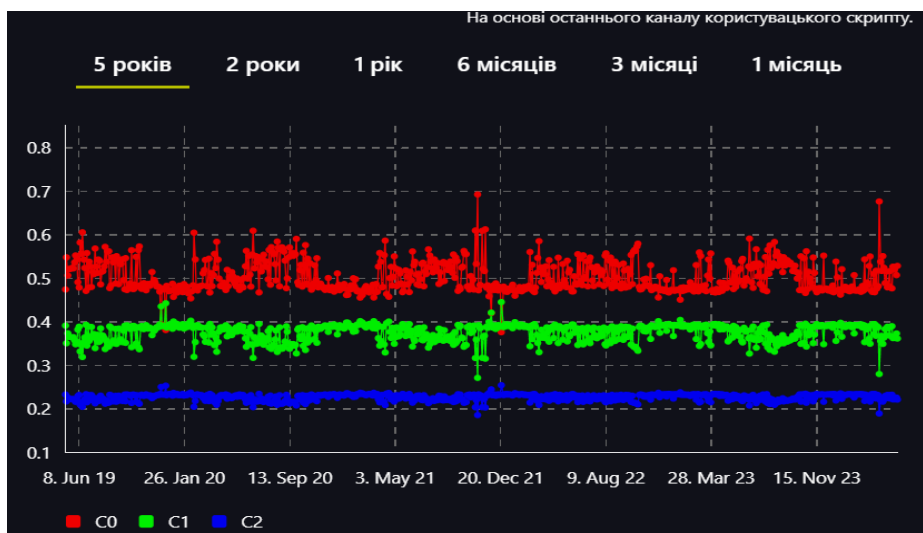


Рис. 2.2. Коливання значень індексу каламутності в межах Кресівського водосховища з 2019 до 2023 рр.

Завантаження даних про температурні показники в межах водосховища проводились за аналогічним алгоритмом (рис. 2.3, 2.4).

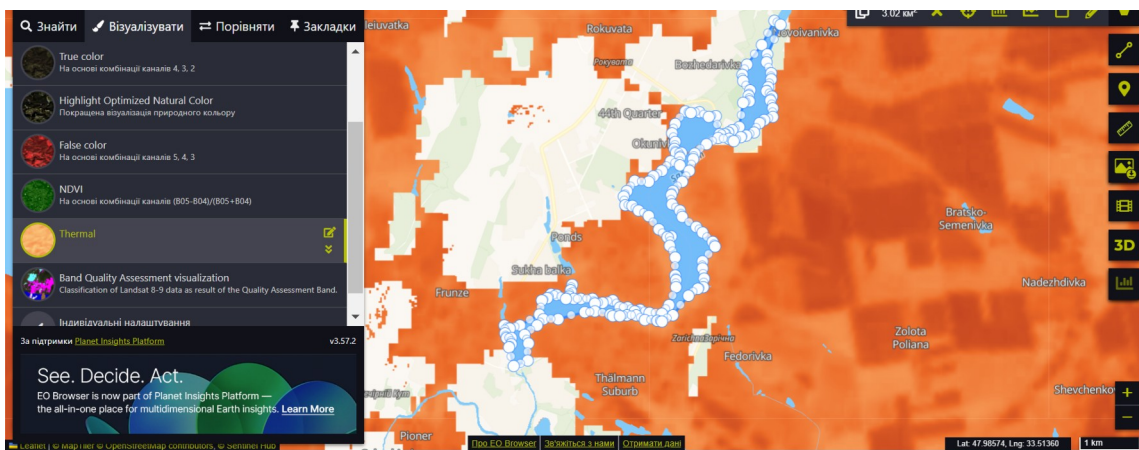


Рис. 2.3. Контур берегової лінії Кресівського водосховища на візуалізованому в температурному індексі супутникову знімку Landsat 8-9

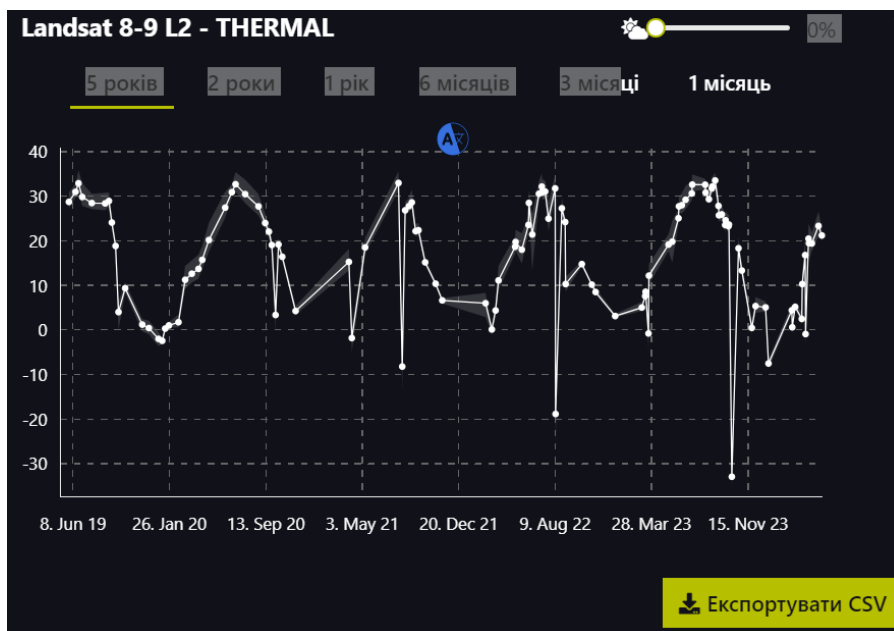


Рис. 2.4. Коливання значень температурного індексу в межах Кресівського водосховища з 2019 до 2023 рр.

За допомогою додатку Ексель до Майкрософт Офіс отримані числові дані були згруповані по сезонах (зима, весна, літо, осінь). За допомогою відповідного інструменту Ексель були побудовані діаграми коливання значень температури ті індексу каламутності за 5 років окремо по сезонах. Згрупувавши дані обох індексів у єдину базу було проведено кореляційний аналіз і регресійний аналіз значень температури й індексу NDTI.

РОЗДІЛ 3

РЕТРОСПЕКТИВА ДИНАМІКИ ЗМІНИ ЗНАЧЕННЯ ІНДЕКСУ КАЛАМУТНОСТІ КРЕСІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА ЗА ДАНИМИ СУПУТНИКОВИХ ЗНІМКІВ

За досліджений період з 2019 до 2023 рр. значення температури поверхні води Кресівського водосховища коливалися в межах від -0,9 до 30,1 °С (табл. 3.1). По окремим сезонам коливалася так (°С): 1) з -0,9 до 5,1 взимку; 2) з 10,0 до 20,1 весною; 3) з 21,4 до 30,1 влітку; 4) з 13,5 до 23,9 восени (рис. 3.1). З отриманої інформації видно, що за 5 років температура у змові місяці поступово збільшувалась і значно зросла у два останні роки. Температура весною 2023 р., навпаки, зменшилася – майже удвічі порівняно з 2019 р. В літні місяці температурний індекс спочатку зменшувався, а з 2022 р. почав потроху збільшуватися і досяг максимуму у 2023 р. Осінні місяці за досліджений період характеризувались наближеним значенням температури, за виключенням останнього 2023 р., коли її середнє значення збільшилося майже на десять градусів Цельсія порівняно з попереднім 2022 р. Отже, за останні 5 років середня температура в сезонах, в основному збільшилася, окрім весни.

Значення індексу каламутності за досліджений період загалом коливалось в інтервалі від 0,67 до 0,73 (табл. 3.2). Для зими – від 0,67 до 0,68, для весни – від 0,69 до 0,7, для літа – від 0,71 до 0,73, для осіннього сезону – від 0,7 до 0,71 (рис. 3.2).

З наведеної інформації виходить, що індекс NDTI сягає найменших значень у зимові місяці, а найбільші – у літні. Деяко менші, порівняно з літніми, значення індексу типові для осінніх місяців. Ще меншу – для весняних. Впродовж 5 років для зимових місяців відмічається зростання середнього значення індексу каламутності, для весняного, навпаки – зменшення. Розподіл значень індексу по роках у літній і

осінній період носить складний характер. На початку дослідженого періоду спостерігався ріст значення індексу, а пізніше – спад, а в останній, 2023 р. – знову відмічається зростання.

Таблиця 3.1

Середні значення температури поверхні води Кресівського водосховища за 5 років впродовж окремих сезонів

Рік	Пора року			
	зима	весна	літо	осінь
2019	-0,9	20,1	29,9	14,3
2020	0,1	14,4	29,5	15,3
2021	–	10,5	21,4	15,3
2022	4,4	11,8	23,7	13,5
2023	5,1	10,0	30,1	23,9

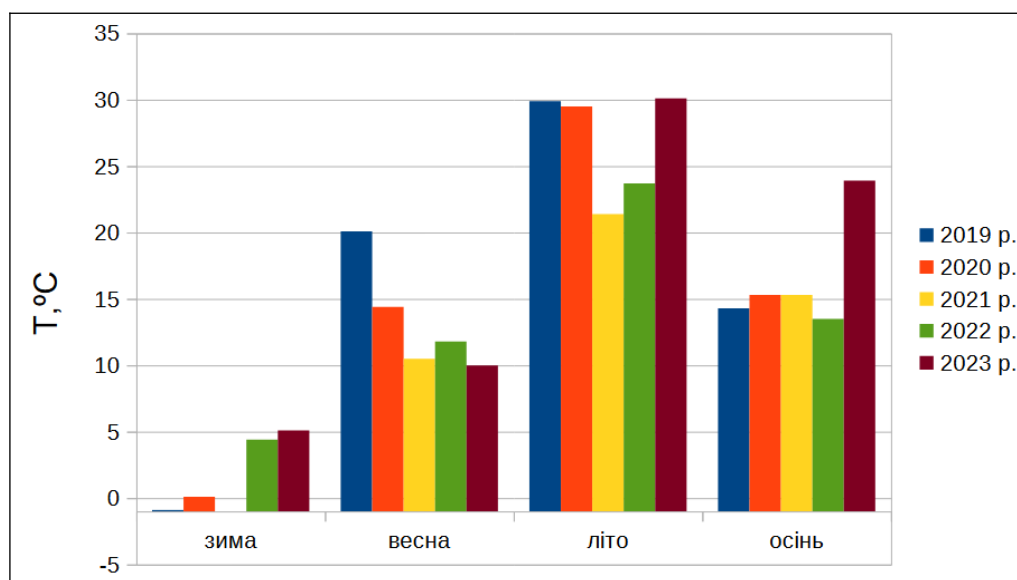


Рис. 3.1. Коливання середніх значень температурного індексу в межах Кресівського водосховища з 2019 до 2023 рр. в окремі пори року

Таблиця 3.2

Середні значення індексу каламутності (NDTI) в межах Кресівського водосховища за 5 років впродовж окремих сезонів

Рік	Пора року				Середнє
	зима	весна	літо	осінь	
2019	0,67	0,70	0,72	0,70	0,71
2020	0,68	0,70	0,73	0,71	0,71
2021	0,67	0,69	0,71	0,71	0,70
2022	0,68	0,70	0,71	0,70	0,70
2023	0,68	0,69	0,72	0,71	0,71

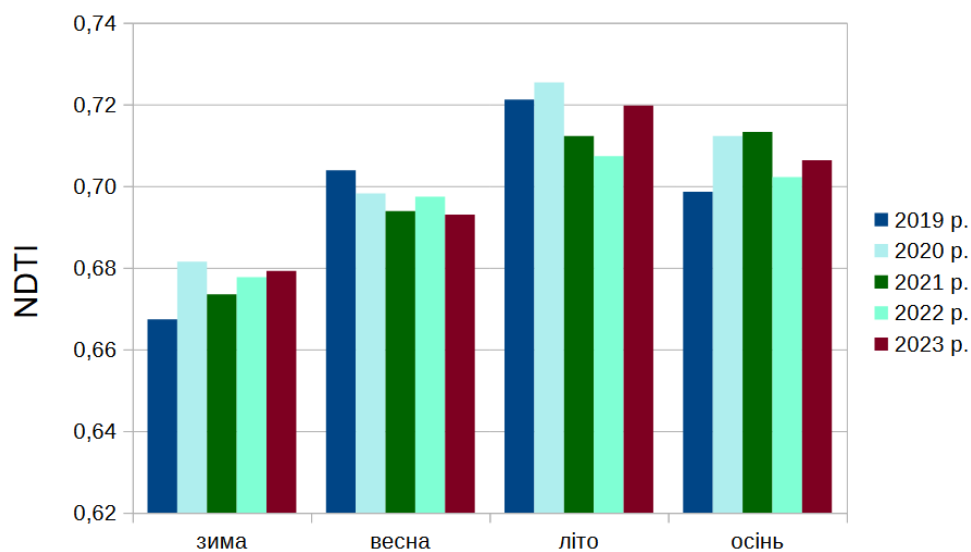


Рис. 3.2. Коливання середніх значень індексу каламутності в межах Кресівського водосховища з 2019 до 2023 рр. в окремі пори року

Для уточнення залежності між індексами температури і каламутності був проведений кореляційний і регресійний аналіз в додатку Ексель (табл. 3.3, рис. 3.3). Коефіцієнт кореляції між зазначеними показниками склав 0,39, що свідчить про слабкий кореляційний зв'язок. Регресійний аналіз проводився за спрощеною методикою. Була побудована точкова діаграма залежності NDTI і температури.

Далі до діаграми був додана лінія тренду прямолінійної регресії, а також її рівняння. Коефіцієнт детермінації склав 0,15.

Таблиця 3.3

Кореляційна матриця

Показник	Температура	NDTI
Температура	1	
NDTI	0,39	1

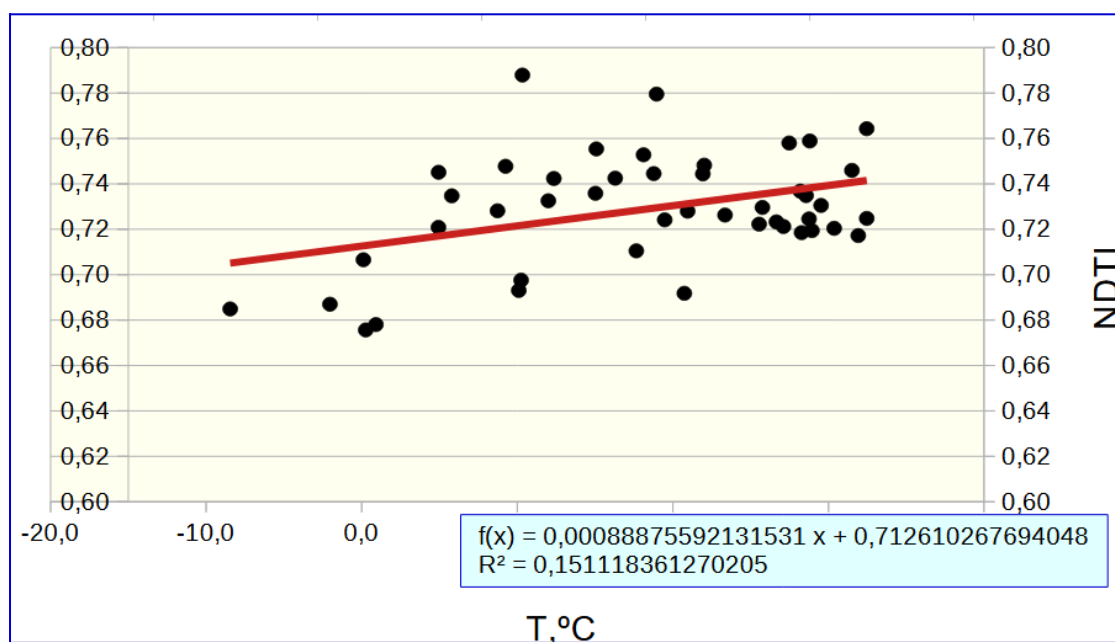


Рис. 3.3. Залежність індексу каламутності від температури (регресійний аналіз)

З отриманих даних виходить, що динаміка зміни індексу каламутності слабо залежить від температури. Таким чином, збільшення значення індексу NDTI в літній і осінній періоди року, коли відмічається підвищена температура, обумовлено ще якимось чинниками. Наприклад, запиленістю водосховища з оточуючих відвалів. Адже, саме улітку відмічаються суховії і посухи – типові фактори переміщення підвищеної кількості пилу. Посилитись дія зазначених факторів може через зменшення об'єму води у водосховищі.

ВИСНОВКИ

За отриманими результатами проведених досліджень автор випускної кваліфікаційної роботи бакалавра зробив такі висновки.

1. За досліджений період, з 2019 по 2023 рр. температура води Кресівського родовища коливалась в межах від -0,9 до 30,1 °С. За останні п'ять років середня температура в більшості сезонів зросла, за винятком весни.

2. Температурні зміни за окремими сезонами характеризуються такими тенденціями:

- взимку температура поступово збільшувалась протягом п'яти років і значно зросла у два останні роки;
- весною температура у 2023 році зменшилася майже вдвічі порівняно з 2019 роком;
- влітку після початкового зниження температури з 2022 року почалося поступове її зростання, яке досягло максимуму у 2023 році.
- восени температура була відносно стабільною, за винятком 2023 року, коли її середнє значення зросло майже на 10 °С порівняно з попереднім роком.

3. Середньорічні значення індексу каламутності (NDTI) коливались від 0,67 до 0,73, а в окремі сезони тенденція змін була така:

- взимку – від 0,67 до 0,68; найменші значення індексу каламутності, але зростання середнього значення індексу спостерігалось протягом п'яти років;
- навесні – від 0,69 до 0,70; зменшення індексу каламутності;

- влітку – від 0,71 до 0,73; розподіл значень носить складний характер з початку зростання значення, потім спад, і знову зростання у 2023 році;

- восени – від 0,70 до 0,71; характер розподілу значень подібний до літніх місяців.

4. Індекс каламутності досягає найбільших значень у літні місяці, дещо менших восени, ще менших навесні, і найменших у зимові місяці.

5. Коефіцієнт кореляції склав 0,39, що свідчить про слабкий зв'язок.

6. Регресійний аналіз показав коефіцієнт детермінації 0,15, вказуючи на слабку залежність між температурою та індексом NDTI.

7. Збільшення індексу NDTI в літній і осінній періоди слабо пов'язане з підвищенням температури, отже це може бути зумовлено іншими факторами, такими як запиленість водосховища від навколишніх відвалів, суховії, посухи та зменшення об'єму води у водосховищі.

Таким чином, наша наукова гіпотеза підтверджена частково, а саме за останні п'ять років індекс каламутності в межах Кресівського водосховища підвищився несуттєво порівняно з попередніми 2022 і 2021 рр., але порівняно з 2019 р. він залишився на тому ж рівні. Підвищення індексу NDTI пов'язано, скоріше з несприятливою екологічною ситуацією в місті, ніж з глобальним і локальним підвищенням температури.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Опублікована

1. Глухота В., Шевчук С. Дослідження процесу цвітіння води у Кам'янському водосховищі з використанням методів ГІС і ДЗЗ. Вісник Київського національного університету ім. Т.Шевченка. Серія : Географія. 2023. № 1/2 (86/87). С. 56-59.

2. Козаков В.Л. Географічне розташування. Офіційний сайт Виконкому Криворізької міської ради.
https://web.archive.org/web/20150520082912/http://kryvyirih.dp.ua/pro_misto_krivy_rig/geografichne_roztashuvannya

3. Сайт незалежного видання TEXTY.ORG.UA : URL: <http://surl.li/lxbvix> (дата звернення 21.05.2024).

4. Сайт Криворізької РДА. Стратегічна екологічна оцінка документа державного планування «Програма соціально-економічного та культурного розвитку Криворізького району на 2023-2027 роки»: URL: <http://surl.li/udpxu> (дата звернення 30.05.2024).

5. Сердюк С.М., Горб В.Г. Екологічна оцінка якості поверхневих вод Дніпропетровської області : Мат. 6-ої Всеукр. Наук. конф. з міжнар. участю «Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології». Дніпропетровськ, 20-22 травня 2014 р. – Дніпропетровськ :ТОВ «Акцент ПП». 2014. С. 256-259.

6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2022 р. Департамент екології та природних ресурсів Дніпропетровської облвійськкадміністрації. Дніпро. 2022. 309 с.

7. Робочий зошит з основ дистанційного зондування Землі. Частина 1. Історія та практичне застосування / С. М. Бабійчук, Л. Я. Юрків, О. В. Томченко та ін. – 2-

ге вид., доповн. і переробл. – Київ : Національний центр «Мала академія наук України», 2023. – 152 с.

8. Fedorovsky O.D., Khyzhniak A., Tomchenko O.V. Assessing aquatic environment quality of the urban water bodies by system analysis methods based on integrating remote sensing data. *Kosmìčna nauka ì tehnologiâ*. 2021. 27(5). P. 11-18. DOI: [10.15407/knit2021.05.011](https://doi.org/10.15407/knit2021.05.011)

9. Luis Lizcano-Sandoval, Christopher Anastasiou, Enrique Montes, Gary Raulerson, Edward Sherwood, Frank E. Muller-Karger, Seagrass distribution, areal cover, and changes (1990–2021) in coastal waters off West-Central Florida, USA, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 279, 2022, 108134, ISSN 0272-7714, <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2022.108134>.

Неопублікована

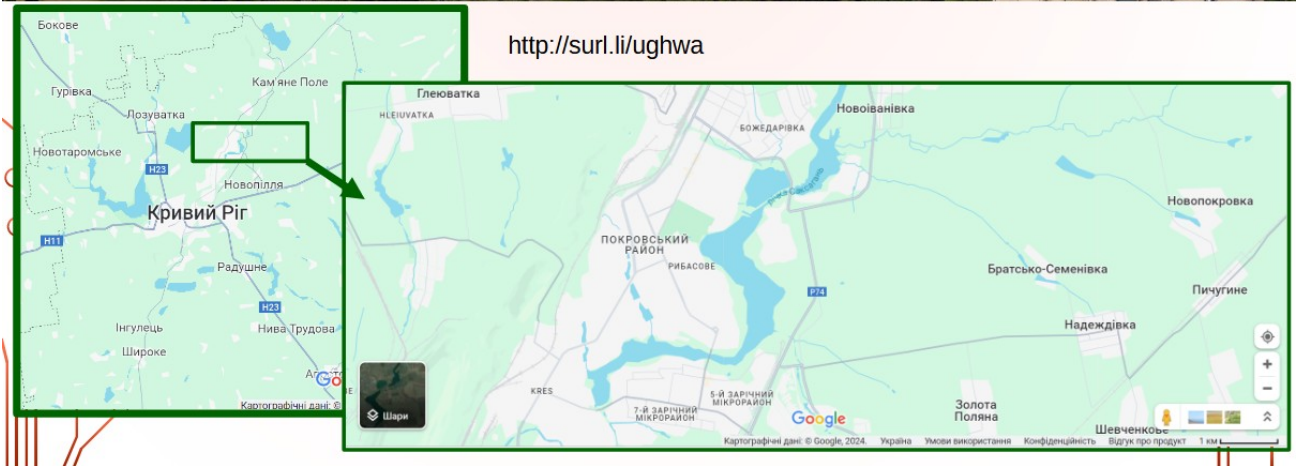
10. Ярошенко А.П. Біоіндикація якості поверхневих вод м. Кривий Ріг. Кваліфікаційна робота студентки групи ЕКО-18 КДПУ. ступінь вищої освіти бакалавр спеціальності 101. Екологія. Кривий Ріг, 2022. 51 с.

ДОДАТКИ

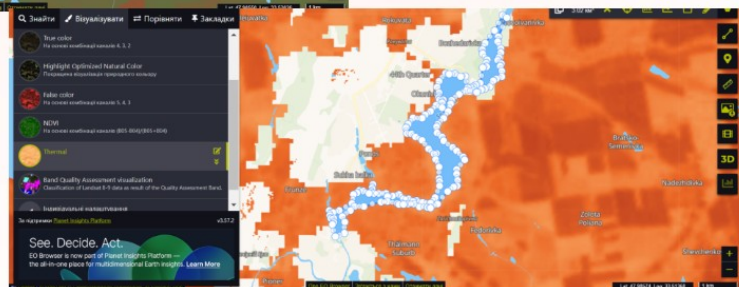
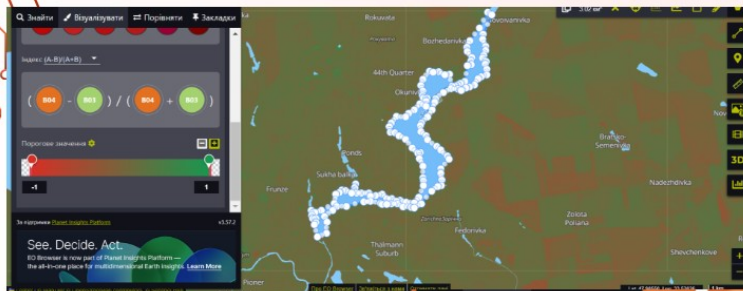
ДОДАТОК А

ГРАФІЧНИЙ МАТЕРІАЛ

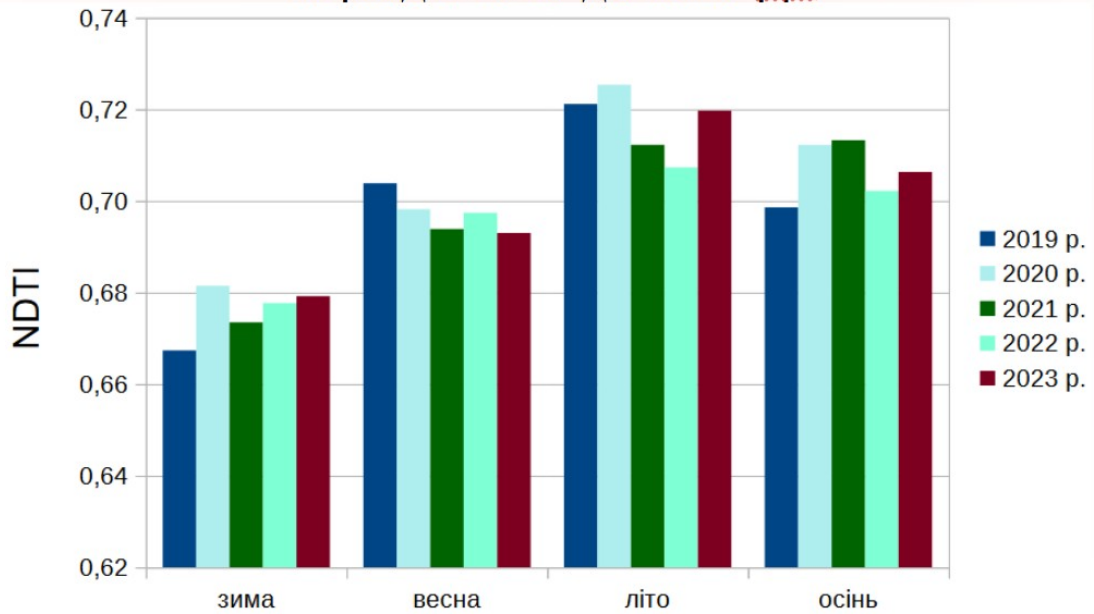
Аркуш 1. Положення Кресівського водосховища.



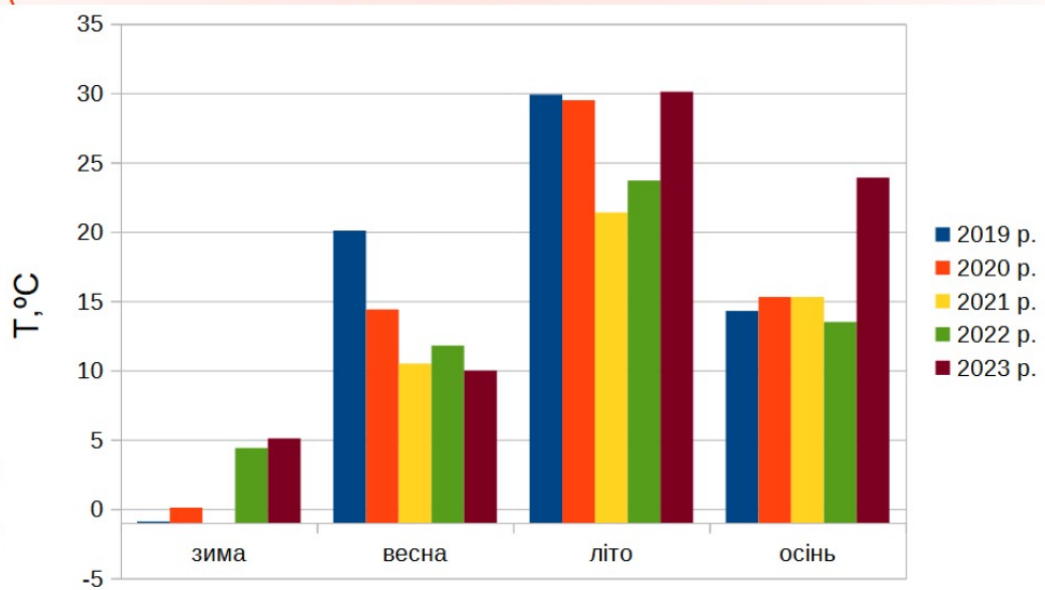
Аркуш 2. Вихідний супутниковий знімки візуалізовані значення індексу каламутності (NDTI) і температури.



Аркуш 3. Діаграми зміни значень індексу NDTI у період з 2019 до 2023 рр.



Аркуш 4. Діаграми зміни значень температури у період з 2019 до 2023 рр.



Аркуш 5. Кореляційний і регресійний аналіз між значеннями індексу NDTI і температури.

Кореляційна матриця

Показник	Температура	NDTI
Температура	1	
NDTI	0,39	1

