

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет біології, географії та екології
Кафедра географії та екології

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗМІН
ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ
ОБЛАСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ
ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ТА
ТЕХНОЛОГІЙ

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

Виконав: здобувач 4 курсу 05-415 групи
Спеціальності 106 Географія
Освітньо-професійної програми «Географія»
Андрєєв Богдан Андрійович

Керівник к.геогр.н., доцент Котовський І.М.
Рецензент в.о. заступника директора НПП
"Нижньодніпровський", начальник відділу з
науково-дослідної роботи Дзеркаль В.М.

Івано-Франківськ – 2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1 ГЕОГРАФІЧНЕ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПРИРОДНІ РЕСУРСИ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ ОБЛАСТІ.....	5
1.1 Дніпровсько-Бузький лиман.....	5
1.2 Ягорлицька та Тендрівська затоки.....	6
1.3 Каркінітська затока.....	9
1.3.1 Джарилгацька затока.....	11
РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗНІМ БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ ОБЛАСТІ	13
2.1 Програмна реалізація дослідження.....	13
2.2 Аналіз отриманих результатів.....	16
2.2.1 Дніпровсько-Бузький лиман.....	16
2.2.2 Ягорлицька затока.....	18
2.2.3 Тендрівська затока.....	21
2.2.4 Джарилгацька затока.....	22
2.2.5 Каркінітська затока.....	25
ВИСНОВОК.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30

ВСТУП

Актуальність роботи. Геоінформаційні системи та технології є вагомим інструментом для моніторингу та управління територіями у сучасному світі. Геоінформаційні-обчислювальні системи призначені для фіксації, збереження, модифікації, керування, аналізу і відображення усіх форм географічної інформації.

Використання ГІС дозволяє дистанційно визначати просторові характеристики положення берегової лінії, що вкрай важливо в сучасних умовах. На жаль, через російську агресію Україна втратила доступ до берегової зони Азовського моря, частково до берегової зони Чорного моря. В умовах війни дослідники берегознавці не мають можливості повноцінно проводити польові дослідження на території значної частини узбережжя країни. Спробувати частково компенсувати обмеження скрутного становища берегознавчого дослідництва можна за допомогою геоінформаційних систем та технологій.

Мета кваліфікаційної роботи - Аналіз розвитку берегової лінії Дніпровсько-Каркінітської берегової області

Завдання дослідження:

- Провести огляд географічного положення та природних ресурсів Дніпровсько-Каркінітської берегової області;
- Виконати аналіз просторово-часових змін берегової лінії Дніпровсько-Каркінітської берегової області з використанням геоінформаційних систем та технологій.

Об'єктом дослідження є берегова лінія Дніпровсько-Каркінітської берегової області.

Предметом дослідження є аналіз просторово-часових змін берегової лінії Дніпровсько-Каркінітської берегової області.

Серед загальнонаукових методів в дослідженні використовувалися методи аналіз і синтез, індукція і дедукція та метод наукової абстракції. Серед спеціальних географічних методів використовувалися метод опису, картографічний метод, порівняльно-географічний метод, аерокосмічний метод.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків, списку використаних джерел. У першому розділі розглянуто географічне положення, природні умови та ресурси основних компонентів Дніпровсько-Каркінітської берегової області - Дніпровсько-Бузького лиману, Ягорлицької, Тендрівської, Джарилгацької та Каркінітської заток. У другому розділі здійснено просторово-часовий аналіз змін берегової лінії з використанням геоінформаційних систем і супутникових знімків за 2017 і 2024 роки. Наведено результати аналізу для кожної компоненту окремо, з описом динаміки змін берегової лінії та причин їх виникнення. У висновках узагальнено результати дослідження.

РОЗДІЛ 1 ГЕОГРАФІЧНЕ ПОЛОЖЕННЯ ТА ПРИРОДНІ РЕСУРСИ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ ОБЛАСТІ

Дніпровсько-Каркінітська берегова область багата на різноманіття, вона складається з таких великих географічних об'єктів, як Дніпровсько-Бузький лиман, Ягорлицька, Тендрівська та Каркінітська затоки. Кожен з об'єктів має унікальне походження та природні ресурси.

1.1 Дніпровсько-Бузький лиман

Дніпровсько-Бузький лиман географічно розташований в північній частині Чорного моря, берег - степова рівнина, що лежить в межах Причорноморської низовини. Утворився лиман внаслідок трансгресії Чорного моря, коли морські води проникли в пониззя річок Дніпро та Південний Бугу, що призвело до затоплення нижніх течій цих річок і формування лиману.[1]

Рельєф берегів лиману неодноманітний, північний корінний берег переважно високий, складений глинисто-піщаними породами, обривистий, лише на окремих ділянках трапляються піщано-черепашкові коси. Південний кумулятивний берег низький, складений піщаними наносами, сформованими під впливом водних потоків Дніпра, Південного Бугу та Чорного моря.[1]

Лиман є гирловою областю найбільших річок України - Дніпра та Південного Бугу, з Чорним морем лиман з'єднується Кінбурнською протокою. Середня глибина лиману коливається від 2 до 6–7 м, місцями до 10–13 м; у штучному каналі, що з'єднує дніпровські порти з Чорним морем, глибина до 10–15 м. Дно біля кіс піщане, на глибині вкрите суглинисто-супіщаними мулами.[1]

У смузі акваторії лиману біля північного берега, що входить до складу ландшафтних заказників загальнодержавного значення Станіславський та Олександрійський, зберігаються унікальні угіддя з багатим біорізноманіттям. Тут зростають ковила волосиста, ковила Лессінга, тюльпан бузький, тюльпан Шренка, зморшок степовий, сальвінія плаваюча. Серед тварин трапляються: ктир велетенський, махаон, дибка степова, полоз жовточеревий, п'явка медична, які занесені до Червоної книги України. У прибережних водах зустрічаються промислові види риб, такі як судак, лящ, карась, оселедець та бичок.

Південний берег Кінбурнського півострова, що входить до складу національного природного парку Білобережжя Святослава, характеризується унікальними природними комплексами, тут зростають рідкісні види рослин, зокрема пісковий безсмертник, ефедра двоколоса та ковила дніпровська. Ліси представлені сосновими насадженнями, що чергуються з ділянками степової рослинності. Акваторія біля узбережжя є місцем існування різноманітних водоплавних та навколоводних птахів, зокрема пеліканів, чапель, куликів та бакланів.

1.2 Ягорлицька та Тендрівська затоки

Ягорлицька затока - мілководна затока в північній частині Чорного моря, розташована між Кінбурнським та Ягорлицьким півостровами, від акваторії Чорного моря затока відокремлена Покровською косою, островами Довгий та Круглий.

Тендрівська затока - мілководна затока в північній частині Чорного моря, розташована поблизу Ягорлицького півострова, від акваторії Чорного моря затока відокремлена Тендрівською косою та підводним баром “загреба Морська”.

Формування Ягорлицької та Тендрівської заток пов'язане з геологічними процесами, що відбувалися в регіоні протягом тисячоліть. В атлантичний час голоцену рівень Чорного моря перевищував сучасний на 1,5-2м. У цей час сформувалася голоценова тераса, що добре збереглася від абразії в лиманах Причорномор'я, віком 4,5 – 5 тис. років. Приблизно 2,7 тис. років тому почалося різке падіння рівня моря, яке отримало назву дакської або фанагорійської регресії, яке тривало до 2 тис. років тому. Ймовірно, затоки сформувалися внаслідок подібних процесів затоплення прибережних територій. [2]

Рельєф узбережжя та дна заток специфічний, Кінбурнська коса та прилеглі ділянки дна Ягорлицької затоки є акумулятивною флювіально-дельтовою та морською плоскою рівниною. Ягорлицький півострів та прилеглі ділянки дна Ягорлицької і Тендрівської заток належать до акумулятивної флювіально-дельтової субгоризонтальної слабохвилястої низовинної морфоструктури. Тендрівська коса та прилеглі ділянки дна Тендрівської затоки і північно-західної частини Чорного моря є акумулятивною морською надводною низинною морфоструктурою. [3]

В акваторії Ягорлицької та Тендрівської заток розташований Чорноморський біосферний заповідник, заповідник є одним з найстаріших в Україні. В межах Чорноморського біосферного заповідника зберігаються в природному або мало порушеному стані унікальні природні комплекси: Нижньодніпровські арени з псамофітними степами й реліктовими листяними лісами; акумулятивні утворення шельфу Чорного моря, в тому числі найбільше й найстаріше з них — Тендрівська коса; острови материкового та акумулятивного походження, де знаходяться найбільші в Україні гніздові колонії водоплавних птахів; мілководні затоки з високим рівнем біопродуктивності, що визначає їх статус найцінніших водноболотних угідь міжнародного значення. [5]

Видове багатство флори заповідника не виходить за межі звичайних показників рівнин України(500-800 видів), проте на території ділянок заповідника охороняються як унікальні азональні флороценотичні комплекси, так і типові зональні. На території заповідника знаходяться 168 видів грибів, 90 видів альгофлори, 67 ґрунтово-альгологічних видів, 90 видів лишайнику і моху та 728 видів судинних рослин; також 24 види, що занесені до Червоної книги України, 17 видів, занесених до Європейського Червоного списку, і 6 видів, що занесені до світового Червоного списку.[4]

Багатою є фауна заповідника, чому сприяє різноманіття його ландшафтів та географічне положення. Нині в заповіднику вже відомо близько 3500 видів природної фауни. З них найбільшим різноманіттям відрізняються комахи, яких відомо близько 2200 видів, павукоподібні – 168 видів та молюски – 65 видів. Хребетні тварини представлені 462 видами, з яких найбільшим різноманіттям відрізняються птахи – їх відмічено 309 видів, на території заповідника гніздяться 110 видів птахів, а решта зустрічаються під час зимівлі та перельотів. Загальна кількість птахів, що зимують у Тендрівській та Ягорлицькій затоках, становить більше 120 тис. Фауна плазунів налічує 9 видів і є однією з найрізноманітніших серед заповідників України. За всі роки спостережень у морських водах заповідника виявлено 83 види риб, або близько 50% видового складу риб Чорного моря. Наземна фауна ссавців складається з 50, а морська – із 3 видів.[6]

1.3 Каркінітська затока

Каркінітська затока - одна з найбільших заток Чорного моря, розташована між північно-західним узбережжям Кримського півострова

і материком. До складу Каркінітської затоки входить Джарилгацька затока.

Рельєф берегів затоки не одноманітний, Бакальська коса розділяє Каркінітську затоку на західну частину з піщаними відносно рівними берегами та на східну із глинистими розчленованими берегами. Зумовлено це тектонічною будовою, утворилася затока в результаті трансгресії, яка поширилася по осі тектонічного прогину. Берегова зона затоки розміщена в межах північного борту Каркінітсько-Сиваської системи прогинів. Відповідна тектонічна структура характеризується асиметричними схилами – похилими північними та крутими південними, а це у свою чергу знаходить відображення у морфологічних особливостях підводного схилу. В свою чергу підводні схили північного узбережжя більш мілководні, у той час як південні більш заглиблені.[8]

В літологічному відношенні узбережжя Каркінітської затоки складено виключно осадовими породами, але існують певні територіальні відмінності. Так, північне узбережжя складають алювіальні відклади, які представлені глинами, суглинками та пісками. Східне та південно-східне узбережжя затоки складають еолово-делювіальні та елювіальні відклади і представлені лесами, суглинками та глинами, супісками та пісками.[8]

В межах акваторії Каркінітської затоки розташований Каркінітський заказник та заповідник Лебедячі острови. Разом вони входять до екоцентру “Каркінітський”, його загальна площа – понад 39 тис. га, яка охоплює акваторію Каркінітської затоки та прилеглу до неї прибережну зону в межах Роздольненського та Красноперекопського районів від Бакальської коси на заході до мису Картказак на сході.[9]

Флора екоцентру містить понад 100 видів вищих судинних рослин, не менше 8 видів лишайників, 75 видів макрофітів. Відзначено 5 видів, що входять до Європейського Червоного списку, Червоної книги України, захищені Бернською конвенцією. Водна рослинність мілководних частин

затоки, лиманів представлена класами *Zosteretea*, *Ruppiaetea maritima*, *Charetea*, *Potametea*. Прибережно-водна рослинність на островах, по берегах лиманів, у місцях виходу скидних каналів представлена класами групи *Phragmiti-Magnocaricetea*. Псамофітна рослинність на пляжах, косах та Лебедячих островах представлена спільнотами класів *Ammophiletea*, *Sakiletea maritima*. Степова рослинність займає незначні за площею ділянки, є сильно порушеною внаслідок інтенсивного скотарства. На антропогенно-порушених ділянках вона замінюється синантропними спільнотами класів *Stellarietea mediae*, *Artemisietea vulgaris*, *Polygono arenastri-Poëtea annuae* та ін.[9]

Найчисленніша група хребетних тварин екоцентру – птиці. Тут гніздиться 91 вид, чисельність яких щорічно налічує від 11 до 17 тис. пар. Лебедячі острови та Бакальська коса є елементами одного потоку, що проходить уздовж північно-західного узбережжя Криму, що входить у єдину систему Афро-Євро-Азіатського міграційного шляху. Тому найрізноманітніша орнітофауна під час весняного та осіннього прольотів, за загальної чисельності мігрантів до мільйона особин. Склад теріофауни узбережжя Каркінитської затоки не відрізняється великою видовою різноманітністю – понад 14 видів. В основному це широко поширені види: ласка, лисиця, єнот уссурійський, заєць-русак, сірий щур, домашня миша. Імовірні зустрічі рідкісних видів степового хору, сліпачка, великого тушканчика, нетопиря карлика та вусатої нічниці. Раритетність фауни хребетних тварин характеризується такими показниками: з 17 видів ссавців до Європейського Червоного списку включено 1 вид, до списків Бернської – 7 та Боннської конвенцій – 6; в Червону книгу України - 5 видів. З 274 видів птахів понад 176 є охоронюваними.[9]

1.3.1 Джарилгацька затока

Джарилгацька затока - затока, що є складовою Каркінітської затоки, обмежена материковим берегом та косою-островом Джарилгач, межами затоки є мис Східний-Джарилгацький та мис Джалдихан.

В тектонічному відношенні Джарилгацька затока лежить в межах Каркінітського блоку, що розташований у центральній частині чорноморського сектору Каркінітсько-Сиваської системи прогинів. У морфологічному аспекті на поверхні блоку має місце корінне материкове узбережжя західної частини Каркінітської та Джарилгацької заток, а також тіло акумулятивної форми коси-острова Джарилгач. У морфогенетичному аспекті поверхня цього блоку перебуває у межах східної частини Нижньодніпровської дельтової плоскої та хвилястої низовини, яка є акумулятивною флювіально-дельтовою субгоризонтальною хвилястою рівнинною морфоструктурою. До відповідної структури прилягає акумулятивна морська надводна низинна морфоструктура, яка включає косу-острів Джарилгач.[3]

В межах акваторії Джарилгацької затоки розташований Національний природний парк “Джарилгацький”. Флора НПП “Джарилгацький” включає близько 500 видів вищих рослин. До Червоної книги України внесено 21 вид судинних рослин, у т. ч.: гвоздика бесарабська, плодоріжки блощичний, болотний, рідкоквітковий, розмальований, салеповий, коручка болотн, люцерна приморська, меч-трава болотна тощо. Значною є чисельність видів, характерних для арен нижнього Дніпра: козельці дніпровські, конюшина дніпровська, еспарцет дніпровський, волошка короткоголова та ін., а також видів, що перебувають на крайній південній межі поширення – оман високий, агалик-трава гірська, верба розмаринолиста і гостролиста та ін. До Європейського Червоного списку внесено гвоздику бесарабську,

покісницю сиваську, содник ягодоносний, холодок прибережний. До Червоного списку МСОП – франкенію припорошену.[10]

Фауна території НПП "Джарилгацький" багата і цікава. Тут зареєстровано 22 види комах, які внесено до природоохоронних списків різного рангу: Міжнародної Червоної книги – 3, Європейського Червоного списку – 7. Серед охоронюваних видів першочергової уваги заслуговують унікальні представники найціннішого й водночас найуразливішого псамофітного ентомокомплексу. До таких видів на Джарилгачі належать: емпуза піщана, мурашиний лев велетенський, махаон, стиз смугастий, ктир велетенський та ін. У межах парку відомо більше десятка видів крабів, більшість із яких мешкає в мілководній прибережній зоні серед заростей. Найпоширенішими видами є трав'яний, кам'яний і мармуровий краби, крабплавунець і рак-самітник. Серед інших десятиногих ракоподібних зустрічаються три види звичайних креветок: морський кріт, кам'яна і трав'яна креветки. Остання дуже поширена й має високі смакові якості. Єдиним представником акул у Чорному морі є мала колюча акула – катран.[10]

РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ ПРОСТОРОВО-ЧАСОВИХ ЗНІМ БЕРЕГОВОЇ ЛІНІЇ ДНІПРОВСЬКО-КАРКІНІТСЬКОЇ БЕРЕГОВОЇ ОБЛАСТІ

Для аналізу берегової лінії Дніпровсько-Каркінітської берегової області було використано супутникові знімки з супутнику Sentinel-2 L2A. Супутник Sentinel-2 L2A є складовою космічної місії “Коперник”, Європейського космічного агентства, що створена для здійснення дистанційного спостереження і підтримки таких сервісів, як моніторинг сільського господарства, фіксування наслідків надзвичайних ситуацій, аналіз змін земельного покриття.

Отримано доступ до супутникових знімків за допомогою бази даних Sentinel Hub. Sentinel Hub - база даних, яка надає доступ до різних архівів супутникових знімків. Це дозволяє отримати доступ до необроблених супутникових даних, відтворених зображень, статистичного аналізу та інших функцій.

Для реалізації технології аналізу просторово-часових змін берегової лінії Дніпровсько-Каркінітської берегової області було використано середовище геоінформаційної системи QGIS. QGIS - крос-платформена геоінформаційна система, основним призначенням якої є обробка і аналіз просторових даних та підготовка різної картографічної продукції.

2.1 Програмна реалізація дослідження

Першим етапом дослідження було завантаження з бази даних Sentinel Hub супутникових знімків основних компонентів Дніпровсько-Каркінітської берегової області за 2017 та 2024 роки, у форматі True color та NDWI.

True color - сенсори на борту супутника можуть робити зображення Землі в різних діапазонах електромагнітного спектра. Кожен діапазон спектра відповідає певному каналу. Sentinel-2 має 13 каналів. У композиті природніх кольорів використовуються видимі червоний, зелений та синій канали у відповідних червоному, зеленому та синьому діапазоні спектра, у результаті отримується зображення поверхні Землі у природних кольорах, які звичні для людини.

NDWI - нормалізований диференційний індекс вологості, використовується для визначення об'єктів відкритих водних просторів та їх виділення на супутниковому знімку на тлі ґрунту та рослинності.[11]

Формула індексу для даних Sentinel 2:

$$NDWI = \frac{(Band3 - Band8)}{(Band3 + Band8)} \quad (2.1)$$

де Band3, Band8 - видимий зелений та ближній інфрочервоний.



Рисунок 2.1 Супутникові знімки фрагменту Дніпровсько-Каркінитської берегової області, у форматі True color та NDWI

Далі у інтегрованому середовищі геоінформаційної системи QGIS створено проект. У порожній проект додано топографічну карту OpenStreetMap та завантажено супутникові знімки компонентів Дніпровсько-Каркінітської берегової області за 2017 та 2024 роки, у форматі True color та NDWI.



Рисунок 2.2 - Середовище QGIS із завантаженими знімками компонентів Дніпровсько-Каркінітської берегової області за 2024 рік, у форматі True color

У наступному етапі до кожного з супутникових знімків компонентів Дніпровсько-Каркінітської берегової області у форматі NDWI застосовано алгоритм растрового аналізу “Близкість” для створення карти берегової зони.

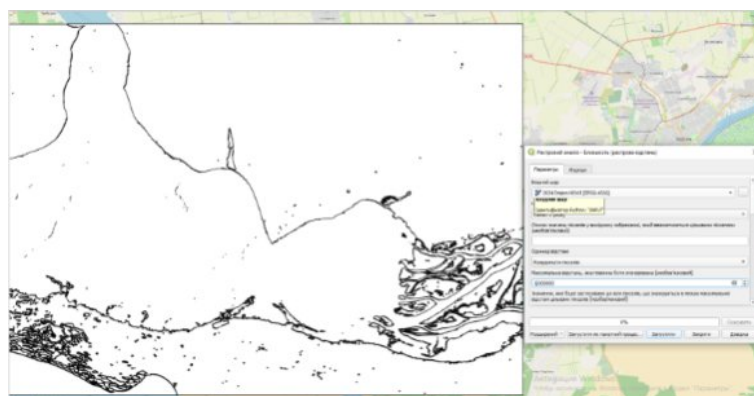


Рисунок 2.3 - Створення карти берегової зони Дніпровсько-Бузького лиману

Завершальним етапом програмної реалізації дослідження є полігонізування карт берегової зони, тобто перетворення растрового зображення у векторне, з метою полегшення подальшого аналізу отриманих результатів.

2.2 Аналіз отриманих результатів

Отримані карти берегових зон було проаналізовано з використанням інструментів середовища QGIS. Візуально проведено аналіз за допомогою накладання шарів карт берегової зони на супутникові знімки.

Кожен компонент Дніпровсько-Каркінітської берегової області проаналізовано окремо та отримано наступні результати:

2.2.1 Дніпровсько-Бузький лиман

Після підриву Каховської гідроелектростанції в червні 2023 року, який спричинив раптове й масштабне скидання води, в Дніпровсько-Бузькому лимані було зафіксовано різке підвищення рівня води. Аналіз супутникових знімків та карти берегової зони показав, що затопленню піддалися значні площі південного узбережжя. Це спричинило суттєві порушення у функціонуванні прибережних екосистем і створило загрозу для інженерної інфраструктури, зокрема у межах гирлової частини Дніпра, де інтенсивно проявилися процеси розмивання берегів.

Виразні зміни берегової лінії виявлено у межах Бакайського лісового заказника, де після події активізувалися ерозійні процеси. Одночасно, у озерах — Красниковому, Борщуватому, Бублиці та Золотому — зафіксовано підвищення рівня води, що ймовірно вплинуло на гідрохімічний режим та структуру водних біоценозів.

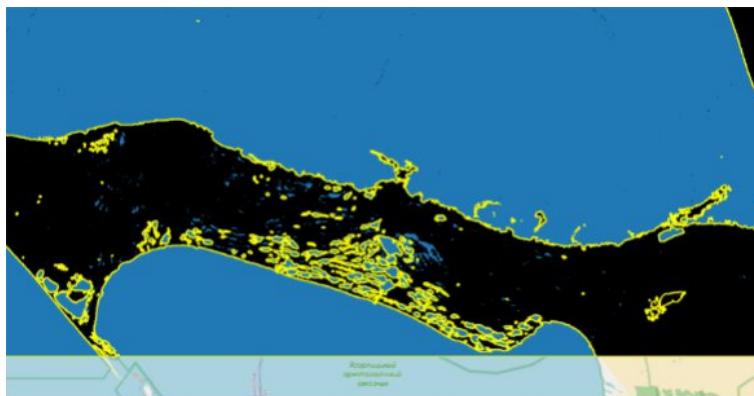


Рисунок 2.4 Супутниковий знімок 2024 року фрагменту південного берегу Дніпровсько-Бузького лиману в форматі NDWI, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

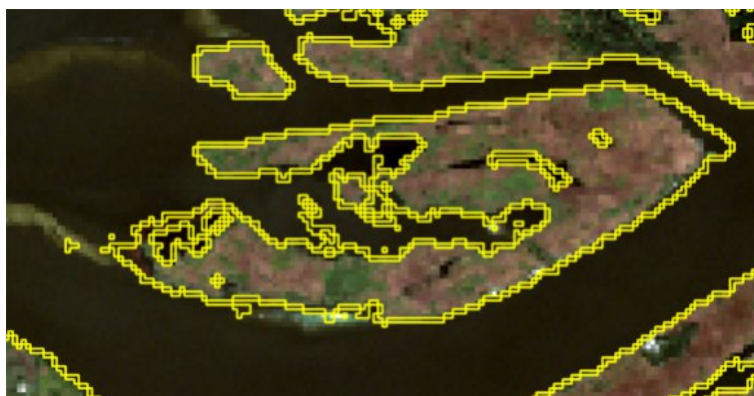


Рисунок 2.5 Зміни берегової зони Бакайського лісового заказнику, супутниковий знімок 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року



Рисунок 2.6 Зміни рівня води в озері Красникове, супутниковий знімок 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

2.2.2 Ягорлицька затока

Проведений у аналіз змін берегової лінії острова Довгий, здійснений шляхом накладання карти прибережної зони на супутникові знімки, дозволив виявити втрату частини суходолу внаслідок затоплення. Значна частина східної та південної частин острова зменшилась або зникла повністю.

На ділянці Покровської коси спостерігаються найбільш динамічні трансформації: дані знімків за 2017–2024 роки вказують на фрагментацію суходолу та ерозію берегів, що зменшило площу коси. Імовірно, ці процеси зумовлені як загальним підвищенням рівня води, так і підвищенням штормовим навантаженням. У басейні озера Черепашине та прилеглих до нього водойм зафіксовано зростання площі дзеркала води.

Північне узбережжя Ягорлицької затоки, яке й раніше мало складну берегову лінію, за проаналізований період зазнало істотних змін. Результати дослідження вказують на активізацію ерозійних процесів, які спричинили значну деформацію берегової смуги. Особливо впливовим чинником стало руйнування Каховської ГЕС у 2023 році — внаслідок підриву гідроспоруди з'явилися нові водойми, а в існуючих озерах, підвищився рівень води, що зумовило подальше затоплення прибережних екосистем.

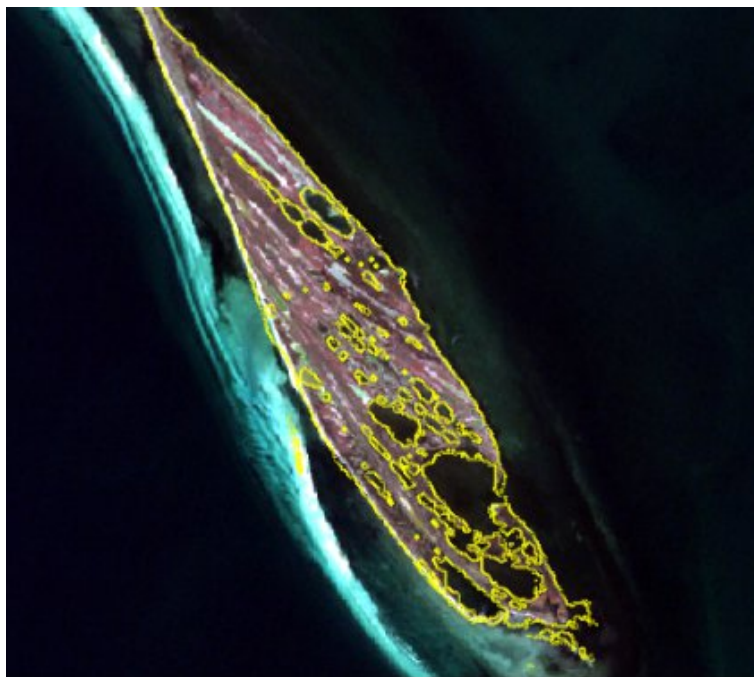


Рисунок 2.7 Зміни острова Довгий, супутниковий знімок 2024 року,
жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року



Рисунок 2.8 Зміни Покровської коси, супутниковий знімок в форматі
NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

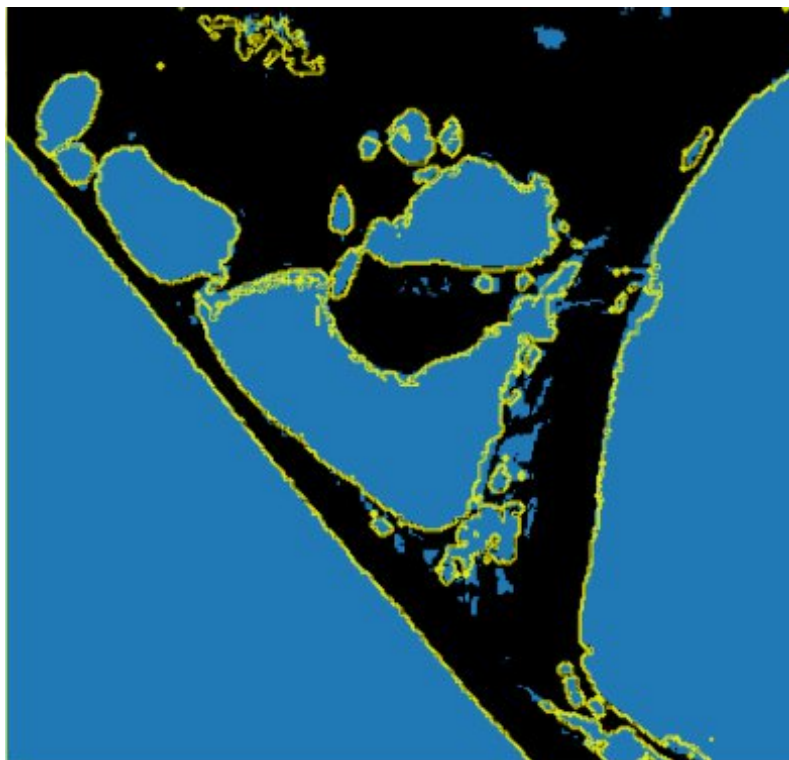


Рисунок 2.9 Зміни рівня води в Черепашинному озері , супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

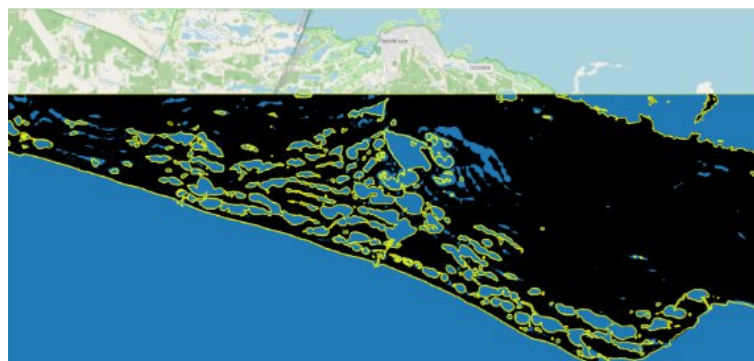


Рисунок 2.10 Зміни берегової лінії північного берегу Ягорлицької затоки, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

2.2.3 Тендрівська затока

Упродовж періоду спостереження було зафіксовано істотні зміни берегової лінії півострова Ягорлицький Кут. Зокрема, спостерігається формування значної кількості нових солоних озер.

Одним із найбільш значущих природних чинників впливу на регіон став шторм у листопаді 2023 року, який, виявився найпотужнішим у Чорному морі за останнє сторіччя. Він істотно змінив конфігурацію Тендрівської коси: глибокі прориви, утворені штормовими хвилями, розділили косу на кілька частин, що призвело до посиленої ерозії.

У зоні моніторингу, поблизу селища Залізний Порт, було зафіксовано утворення нової водойми — Кіфального озера. Водночас, спостерігається деградація деяких раніше існуючих об'єктів — озеро Кругле зазнало значного обміління, також з карти зникло невелике озеро, розташоване поруч.



Рисунок 2.11 Зміни берегової лінії півострову Ягорлицький кут, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

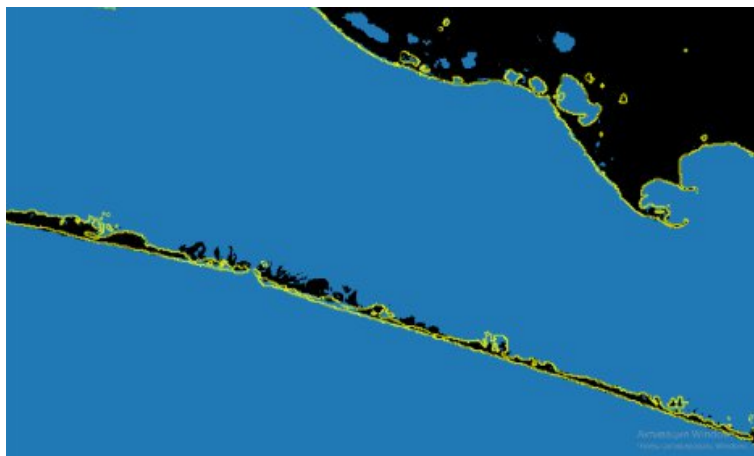


Рисунок 2.12 Зміна форми Тендрівської коси, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року



Рисунок 2.13 Зміна берегової лінії поблизу Залізного Порту, супутниковий знімок 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

2.2.4 Джарилгацька затока

У результаті аналізу супутникових знімків Джарилгацької затоки виявлено низку суттєвих змін, які торкнулися як ландшафту, так і гідрологічного режиму регіону. Однією з найбільших трансформацій зазнав коса-острів Джарилгач.

Після потужного шторму, що стався в регіоні, в тілі коси утворилася значна прірва, яка істотно змінила її геометрію та конфігурацію. Цей процес значно вплинув на природний вигляд прибережної зони. Зокрема, значна частина північного узбережжя як самої коси, так і острова піддалася серйозному затопленню та ерозії.

Водночас спостерігаються значні зміни в межах водно-болотних угідь національного природного парку «Джарилгацький». За час моніторингу було зафіксовано підвищення рівня води в зоні північного берега.

У той же час у східній та південній частинах острова відзначено процес акумуляції наносів, що може свідчити про складні зміни в динаміці прибережного середовища та взаємодії водних мас.

Окремої уваги заслуговують наслідки підриву Каховської гідроелектростанції. Відсутність надходження прісної води каналами, що раніше живили прилеглі водні об'єкти, ймовірно спричинило висихання озера Каржинське. Це вказує на серйозні порушення гідрологічного балансу в регіоні, які потребують подальшого ретельного моніторингу та досліджень для оцінки довгострокових наслідків.



Рисунок 2.14 Зміна берегової лінії коси-острова Джарилгач, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

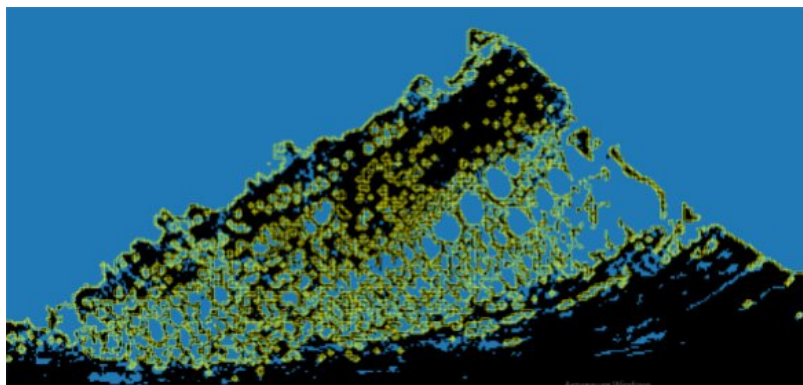


Рисунок 2.15 Зміна берегової лінії водно-болотних угідь острова Джарилгач, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

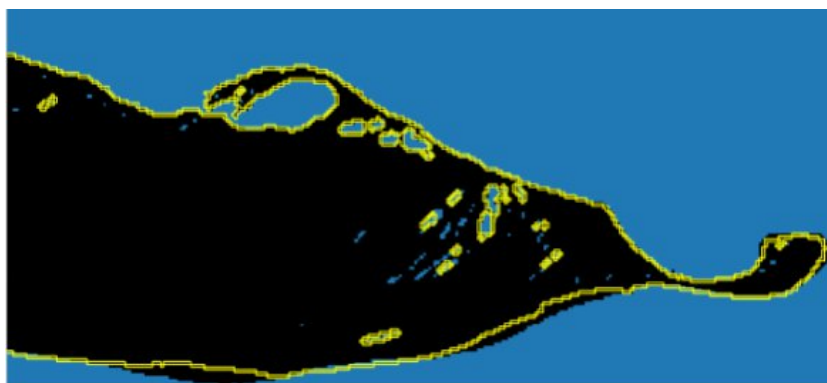


Рисунок 2.16 Зміна берегової лінії північно-східної частини острова Джарилгач, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року



Рисунок 2.17 Висохле озеро Каржинське, супутниковий знімок 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року

2.2.5 Каркінітська затока

У результаті ретельного візуального аналізу супутникових знімків та їх порівняння з картами берегової лінії років було виявлено низку суттєвих змін у межах Каркінітської затоки. Зокрема, ерозійні процеси активно проявилися на східній частині півострова Гіркий Кут, де зафіксовано суттєве розмивання берегової лінії. Аналогічні процеси виявлені на території Хорлівської коси, де морська абразія, ймовірно посилена підвищенням хвильовим навантаженням, призвела до зменшення площі суходолу.

Зміни гідрологічного режиму затоки, можливо спричинені комбінацією морських штормів та загального підвищення рівня води, сприяли формуванню нового водного об'єкта поблизу селища Портове. Хоча точна природа цього водоймища потребує подальшого дослідження.

Особливо вразливою виявилася територія природного заповідника «Лебедячі острови». Супутниковий моніторинг свідчить про значне затоплення кожного з островів, які входять до складу заповідника. Візуальне порівняння показує помітну втрату площі суші, що загрожує стабільності біоценозів та може призвести до зміни структури місцевих екосистем.

Окремої уваги заслуговують трансформації озера Бакальське, воно зазнало розширення, що можна пояснити як підвищенням рівня води, так і порушенням бар'єрних форм рельєфу. Бакальська коса, розташована поруч, істотно змінила свою конфігурацію — вона стала більш витягнутою та зменшилась у розмірі, що може свідчити про посилення впливу морських процесів.



Рисунок 2.18 Зміна берегової лінії півострова Гіркий кут супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, жовтим кольором - карта берегової зони 2017 року



Рисунок 2.19 Формування нового водного об'єкту поблизу селища Портове, супутниковий знімок 2024 року, червоним кольором - карта берегової зони 2017 року

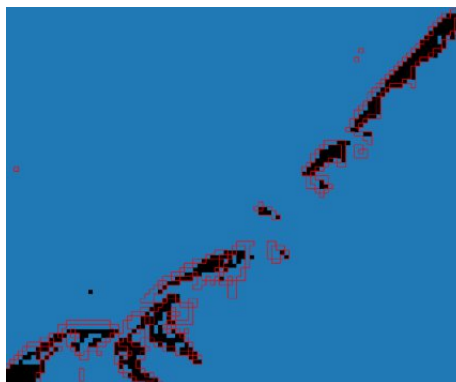


Рисунок 2.20 Зміна берегової лінії Лебедячих островів, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, червоним кольором - карта берегової зони 2017 року



Рисунок 2.21 Зміна берегової лінії Бакальської коси, супутниковий знімок формату NDWI 2024 року, червоним кольором - карта берегової зони 2017 року

ВИСНОВОК

Дана кваліфікаційна робота розглянула важливу проблему вивчення просторово-часових змін берегової лінії Дніпровсько-Каркінітської берегової області, з використанням сучасних геоінформаційних методів. Метою роботи був аналіз розвитку берегової лінії Дніпровсько-Каркінітської берегової області. Проведений аналіз дозволив до наступних висновків:

Підриб Каховської гідроелектростанції в червні 2023 року став переломним моментом у гідрологічному балансі південного регіону України. Раптове скидання води спричинило формування низки нових водойм у прибережних зонах Дніпровсько-Бузького лиману та Ягорлицької затоки, де з'явилися водні об'єкти, раніше відсутні на супутникових знімках. Водночас, у багатьох озерах — таких як Красникове, Бублиця, Борщувате, Золоте — спостерігалось підвищення рівня води, що вплинуло на екосистеми та могло зумовити зміни у гідрохімічному складі. Однак інші ділянки, навпаки, зазнали деградації через припинення надходження прісної води по зрошувальних каналах: озеро Каржинське, яке раніше отримувало живлення штучним шляхом, практично висохло.

Особливо динамічними виявилися зміни конфігурації піщаних кос. Тендрівська коса зазнала суттєвих трансформацій після потужного шторму 2023 року — вона була розірвана на кілька частин, що спричинило посилену ерозію берегів і фрагментацію ландшафту. Аналогічно, Покровська коса втратила частину своєї площі через активні процеси розмивання та фрагментації, які простежуються в динаміці з 2017 по 2024 рік. Бакальська коса, у свою чергу, змінила свою форму, витягнувшись та зменшившись у розмірах — ймовірно, внаслідок змін у гідродинамічному режимі затоки. Важливою стала трансформація коси-

острова Джарилгач, де внаслідок штормових хвиль утворилася широка прірва, що суттєво змінила її геометрію і поставила під загрозу стабільність унікального прибережного середовища.

У результаті візуального моніторингу та просторового аналізу були зафіксовані суттєві трансформації ряду островів і півостровів у межах Північного Причорномор'я. Півострів Ягорлицький Кут зазнав інтенсивного розмивання, а також формування нових дрібних водойм, що змінило його морфологічну структуру. Схожі процеси ерозії спостерігалися на півострові Гіркий Кут, де берегова лінія помітно відступила. Острів Довгий, розташований у Ягорлицькій затоці, втратив частину своєї площі, зокрема у південній та східній частинах, які частково зникли під водою. Не менш тривожна ситуація на території природного заповідника — Лебедячі острови, які постраждали від підвищення рівня моря: кожен із них зменшився у розмірах, втративши суходіл, що створює загрозу для місцевого біорізноманіття.

Усі значні зміни берегових ліній, гідрологічного режиму та екосистем стали можливими для вивчення і документування завдяки застосуванню сучасних методів геоінформаційних систем. Використання QGIS для аналізу супутникових знімків та картографічних шарів дозволило не тільки фіксувати ці зміни, але й проводити їх детальне порівняння. ГІС дозволяє наочно візуалізувати трансформації території, що в свою чергу сприяє точній оцінці їхнього масштабу і характеру. Накладання карт берегової лінії на супутникові знімки стало важливим інструментом для моніторингу ерозійних процесів, затоплення прибережних екосистем та утворення нових водних об'єктів, що особливо важливо для оцінки впливу стихійних лих і техногенних факторів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бойко М. Ф. Дніпровсько-Бузький лиман / М. Ф. Бойко // Енциклопедія Сучасної України : [у 30 т.] / редкол.: І. М. Дзюба, А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; НАН України, НТШ. – Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2008.
2. Антонюк, О. С. Основні особливості коливання рівня Чорного моря за історичний час [Текст] / О. С. Антонюк // Науковий вісник Ужгородського університету : Серія: Географія. Землеустрій. Природокористування / відп. ред. С.Поп. – Ужгород : Говерла, 2013. – Вип. 1. – С. 30–34. – Бібліогр.: с. 33–34 (20 назв).
3. Котовський І.М. Аналіз тектонічної зумовленості геоморфологічних умов берегової зони Херсонської області / І.М. Котовський [та ін.] // Науковий вісник ХДУ. Серія: Географічні науки. – 2017. – № 6. – С. 134–140. – Режим доступу: <https://gj.journal.kspu.edu/index.php/gj/article/view/22> (дата звернення: 18.04.2025).
4. Уманець О. Флористичне різноманіття Чорноморського біосферного заповідника (результати інвентаризації). *Заповідна справа в Україні на межі тисячоліть*: Матеріали всеукр. загальнотеорет. та науково-практ. конф., присвяч. виконанню держ. програми перспект. розвитку заповід. справи в Україні "Заповідники", м.Канів, 11–14 жовт. 1999р. Канів, 1999. С.161–164.
5. Королєсова Д. Чужорідні види у фауні Чорноморського біосферного заповідника. *GEO&BIO*. 2019. Т.2019, №17. С.48–61. URL: <https://doi.org/10.15407/gb.2019.17.048> (дата звернення: 18.04.2025).

6. КітасД.М. Бальнеологічні можливості Чорноморського біосферного заповідника. *«МОГИЛЯНСЬКІ ЧИТАННЯ – 2023: Досвід та тенденції розвитку суспільства в Україні: глобальний, національний та регіональний аспекти»*: Всеукр. студент. науково –практ. конф. «Акт. проблеми фіз. виховання, спорту та фізкультурноспорт. реабілітації», м.Миколаїв, 7листоп. 2023р. Миколаїв, 2023. С.47–53.
7. Старух Б. К. Каркінітська затока / Б. К. Старух // Енциклопедія Сучасної України : [у 30 т.] / гол. ред. І. М. Дзюба ; редкол.: А. І. Жуковський, М. Г. Железняк [та ін.] ; Ін-т енциклопед. дослідж. НАН України. – Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2012. – Т. 12.
8. Географія та туризм : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції Харківського національного педагогічного університету ім. Г. С. Сковороди (26 лютого 2019 р., м. Харків) / за заг. ред. проф. О. Г. Стадника. – Харків : ХНПУ ім. Г. С. Сковороди, 2019. – С. 57–60.
9. Багрикова Н. Экоцентр "Каркинитский" – элемент региональной экосети АР Крым (Украина) / Н. Багрикова // Науковий вісник. – 2012. – № 171. – С. 24–28.
10. Гетьман В. І. Національний природний парк «Джарилгацький» / В. І. Гетьман // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Географія. – 2018. – № 70. – С. 50–53.
11. Анисенко О. В. Розвиток дистанційного зондування Землі в Україні / О. В. Анисенко // Агросвіт. – 2017. – № 7. – С. 52–59
12. Довгий С. О., Лялько В. І., Бабійчук С. М., Кучма Т. Л., Томченко О. В., Юрків Л. Я. Основи дистанційного

- зондування Землі: історія та практичне застосування : навчальний посібник. – Київ : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. – 316 с.
13. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи : підручник. – Київ : Вища школа, 2009. – 511 с.
 14. Hu X., Wang Y. Monitoring coastline variations in the Pearl River Estuary from 1978 to 2018 by integrating Canny edge detection and Otsu methods using long time series Landsat dataset // CATENA. – 2022. – Vol. 209. – Article 105840. – DOI: 10.1016/j.catena.2021.105840.
 15. Zhu Q., Li P., Li Z., Pu S., Wu X., Bi N. та ін. Spatiotemporal changes of coastline over the Yellow River Delta in the previous 40 years with optical and SAR remote sensing // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13, No. 10. – Article 1940. – DOI: 10.3390/rs13101940.
 16. Zhang Y., Li K., Zhang G., Zhu Z., Wang P. DFA-UNet: efficient railroad image segmentation // Applied Sciences. – 2023. – Vol. 13. – Article 662. – DOI: 10.3390/app13010662.
 17. Wang X., Yan F., Su F. Changes in coastline and coastal reclamation in the three most developed areas of China, 1980–2018 // Ocean and Coastal Management. – 2021. – Vol. 204. – Article 105542. – DOI: 10.1016/j.ocecoaman.2021.105542.
 18. Wiles E., Loureiro C., Cawthra H. Shoreline variability and coastal vulnerability: Mossel Bay, South Africa // Estuarine, Coastal and Shelf Science. – 2022. – Vol. 268. – Article 107789. – DOI: 10.1016/j.ecss.2022.107789.

19. Pouliot D., Alavi N., Wilson S., Duffe J., Pasher J., Davidson A. et al. Assessment of Landsat based deep-learning membership analysis for development of from-to change time series in the prairie region of Canada from 1984 to 2018 // Remote Sensing. – 2021. – Vol. 13. – Article 634. – DOI: 10.3390/rs13040634.
20. Toure S., Diop O., Kpalma K., Maiga A. S. Shoreline detection using optical remote sensing: A review // International Journal of Geo-Information. – 2019. – Vol. 8. – Article 75. – DOI: 10.3390/ijgi8020075.