

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА**

Факультет геології, географії, рекреації і туризму

***Кафедра соціально-економічної географії і регіонаознавства імені
Костянтина Нємця***

До захисту допустити

Завідувач кафедри _____ Людмила НЄМЕЦЬ

«_____» _____ 2024 р.

**ГІС-АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СУСПІЛЬНО-
ГЕОГРАФІЧНИЙ ЛАНДШАФТ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ
ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Виконала: студентка 4 курсу, групи ГЕ-41
спеціальності 106. Географія
ОПП «Економічна, соціальна географія та
регіональний розвиток»
Симоненко Ірина Володимирівна

Науковий керівник:
**д. геогр. н., проф. Костріков Сергій
Васильович**

Кваліфікаційна робота захищена з оцінкою

Голова ЕК Тарас ПОГРЕБСЬКИЙ

Секретар ЕК Олена ПЕДЬ
«_____» _____ 2024 р.

Харків – 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ I. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧЕРЕЗ ЗАСОБИ ГІС ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СУСПІЛЬНО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ЛАНДШАФТ	7
1.1. Суспільно-географічний ландшафт (СГЛ): визначення; функціонування, динаміка та аспекти розвитку СГЛ.....	7
1.2. Можливі аспекти впливу воєнних дій на суспільно- географічний ландшафт.....	10
1.3. Геоінформаційні платформи та модулі у дослідженнях СГЛ...	13
1.4. Можливості застосування результатів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для аналізу суспільно-географічних ландшафтів.....	17
РОЗДІЛ II. МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СУСПІЛЬНО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ЛАНДШАФТ ЧЕРЕЗ ГІС- ЗАСОБИ.....	22
2.1. Загальний огляд методів ГІС-аналізу і моделювання для дослідження СГЛ.....	22
2.2. Збір та систематизація просторових даних ДЗЗ щодо суспільно-географічного ландшафту.....	25
2.3. Робота користувача в середовищі ГІС-платформи <i>ArcGIS</i> в рамках базової функціональності дослідження СГЛ.....	29
РОЗДІЛ III. ГІС-ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СУСПІЛЬНО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ЛАНДШАФТ УКРАЇНИ НА ПІДСТАВІ ДАНИХ ДЗЗ.....	34
3.1. Просторовий аналіз даних через функціональність <i>ArcGIS</i> щодо впливу воєнних дій на СГЛ на прикладі Каховської ГЕС.....	33

3.2. Візуалізація пошкоджених/зруйнованих об'єктів району Північна Салтівка м.Харків з використанням ArcMap за даними Google Earth Pro та реєстру «Карта відновлення та руйнувань».....	41
3.3. Візуалізація пошкоджень НПП «Святі гори» Донецької області з використанням даних програми «ЕО Browser».....	48
ВИСНОВКИ.....	54
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	56

ВСТУП

Актуальність. Воєнні дії впроваджують маргінальний вплив на суспільно-географічний ландшафт міст, які є центрами соціального, економічного, політичного та культурного життя населення даних регіонів. Поняття суспільно-географічного ландшафту (СГЛ), у свою чергу, є важливою дослідницькою категорією щодо розвитку міст. Остання дає можливість вивчати, аналізувати та розробляти способи зменшення негативного впливу соціуму на природно-територіальний комплекс і забезпечувати його інвайронментальну сталість.

З 2014 року територія України зазнає російської збройної агресії, а саме – з початку збройного вторгнення в Крим та в східноукраїнський регіон, що включав на той час Донецьку та Луганську області. 24 лютого 2022 року розпочалась російсько-українська війна проти територіальної цілісності та незалежності України. Ця війна з кожним днем все більше залишає слідів на картах України. Під впливом збройних конфліктів зникають міста та відповідно - всі елементи міського середовища. Тому, ще у 1864 році було створено Міжнародне гуманітарне право (МГП) - сукупність правил та обов'язків, що діють під час воєнних дій та створюють норми, які націлені на обмеження наслідків збройних агресій [5]. У конвенціях записані всі дії, які не дозволяються проти цивільних: атакувати спадщину культурних, історичних та духовних будівель, атакувати цивільні лікарні, АЕС та об'єкти, які у разі зруйнування виділяють небезпечні речовини, використовувати окремі види зброї, які несуть за собою надмірні руйнування та страждання [5]. Перераховані складові тісно пов'язані з сутністю СГЛ. Ігнорування небезпечності впливу війни на суспільно-географічний ландшафт призводить до негативних наслідків, а саме руйнування інфраструктурних об'єктів, втрати цінних археологічних пам'яток, забруднення повітря, водойм, ґрунтів внаслідок пожеж, вибухів і застосування небезпечних речовин, зміни демографічної структури населення.

Виходячи з викладеного вище, дослідження впливу воєнних дій є актуальним завданням у реаліях сьогодення. Проведення якісного та кількісного

аналізу стану СГЛ потребує застосування сучасних інформаційних технологій, які дають низку інструментів для реалізації моніторингу, моделювання та візуалізації результатів у вигляді цифрових карт. Основним двоєдиним засобом для вказаних цілей є геоінформаційні системи (ГІС) та дистанційне зондування Землі (ДЗЗ), що містять ефективні інструменти пізнання географічного простору, який змінюється за певний період часу [10]. Засоби ДЗЗ дають можливість систематично оцінювати, а ГІС-засоби – узагальнювати й візуалізовувати наслідки воєнних дій у містах, а також охарактеризувати руйнування інфраструктури та змін у ландшафті.

Об’єктом дипломної роботи є суспільно-географічний ландшафт України як актуальна матеріальна сутність, що існує на урбанізованих територіях.

Предметом роботи є оцінка впливу воєнних дій на суспільно-географічний ландшафт України з використанням даних дистанційного зондування та ГІС-засобів.

Мета роботи – виконати ГІС-аналіз впливу воєнних дій на СГЛ України на підставі даних дистанційного зондування та охарактеризувати трансформаційні процеси, що відбувається в межах СГЛ внаслідок воєнних дій.

Завдання:

- розкрити зміст наукових категорій «суспільно-географічний ландшафт» і «урбанізований СГЛ»;
- розкрити аспекти впливу воєнних дій на СГЛ;
- охарактеризувати можливості застосування базової ГІС-функціональності, додаткових ГІС-засобів та засобів ДЗЗ для дослідження суспільно-географічного ландшафту;
- виконати просторовий аналіз впливу воєнних дій на СГЛ, що відповідає території Каховської ГЕС;
- зробити огляд імпаку на урбанізований СГЛ: провести візуалізацію пошкоджених/зруйнованих об’єктів району Північна Салтівка м.Харків

з використанням *ArcMap* за даними *Google Earth Pro* та реєстру «Карта відновлення та руйнувань»;

- здійснити візуалізацію пошкоджень НПП «Святі гори» на території Донецької області з використанням даних програми «*EO Browser*»;
- підкреслити актуальність дослідження впливу воєнних дій на суспільно-географічні ландшафти міст України.

Під час написання дипломної роботи використовувалися такі **методи дослідження**: аналізу та синтезу, описовий, геоінформаційний, графічний, картографічний.

Теоретико-методологічну основу дослідження склали автори відповідних публікацій, методичних посібників, підручників: Костріков С. В., Нємець К.О., Нємець Л.М., Дмитрів О. П. Нікітченко І. В., Прокопенко Н. Ю., Шведчикова І. О., Пітак І. В., Негадайлов А. А., Масікевич Ю. Г., Пляцук Л. Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В. Ф., Світличний, О.О., Плотницький С.В., Саржанов О.А., Чудовець Л.М., Kogut P.D., Довгий С.О., Лялько В.І., Бабійчук С.М., Шипулін В.Д., О.В. Попович.

Використання результатів роботи: підготовлені тези «Суспільно-географічний ландшафт як один із способів подання міського довкілля» та «Урбаністичне середовище й суспільно-географічний ландшафт воєнного часу (на прикладі м. Харків)», які опубліковано у збірнику матеріалів Міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Регіон - 2023: суспільно-географічні аспекти» (м. Харків, 20 квітня 2023 р.) та «Регіон – 2024: суспільно-географічні аспекти» (м. Харків, 4 квітня 2024 р., у друці) відповідно (у співавторстві з д.геогр.н., проф. Костріковим С.В. та асп. Серьогіним Д.С.).

Дипломна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел (61 найменувань). Обсяг роботи становить 61 сторінку друкованого тексту. Робота ілюстрована комп'ютерною графікою.

РОЗДІЛ I

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЧЕРЕЗ ЗАСОБИ ГІС ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СУСПІЛЬНО- ГЕОГРАФІЧНИЙ ЛАНДШАФТ

1.1. Суспільно-географічний ландшафт (СГЛ): визначення; функціонування, динаміка та аспекти розвитку СГЛ

З появою людини, її стрімкого розвитку, збільшення потреб та з вдосконаленням її суспільно-історичної практики почався процес створення суспільно-географічного ландшафту. Першими кроками стали розбудова сільських та міських поселень, ведення господарств, далі розвиток промисловості, транспортної структури, новітніх технологій.

Суспільно-географічний ландшафт доцільно трактувати як сталу інтеграцію простору міського середовища та соціуму з природним ландшафтом у географічному просторі [40]. Це поняття включає у себе природні компоненти (клімат, рельєф, гідрографічні умови, рослинний і тваринний світ) та соціальні (інфраструктура, населення і його господарська та соціокультурна діяльність). Завдяки цим складовим відбувається формування, функціонування та розвиток суспільно-географічного ландшафту [39].

Також, СГЛ формується у процесі функціонування, динаміки та розвитку *урбогеосистеми (УГС)* – природно-антропогенної системи, яка є взаємозв'язаною сукупністю архітектурно-будівельних об'єктів і різко порушених природничих екосистем [20]. Це забезпечує складне і просторово-часове поєднання міського середовища, суспільних явищ і процесів з природними екосистемами та має впроваджувати оптимальні можливості для сталого спільного функціонування природи і соціуму [40]. Суспільно-географічні ландшафти доцільно вважати певним матеріальним базисом урбогеосистем.

Між компонентами СГЛ має виникати *цілісність*. У активній взаємодії відображається зв'язок соціума з природним середовищем у рамках суспільно-географічного ландшафту [40]. Рельєф території, розташування річок має вплив на розташування майбутніх поселень, кліматичні умови – на розвиток сільського господарства, стан ґрунту – на посів сільськогосподарських культур. Однак варто зауважити, що ці природні елементи змінюються діяльністю людини: міське планування визначає розташування житлових та промислових зон, що впливає на переміну рельєфу, його рослинний і тваринний світ. Тому природний компонент, як складову СГЛ, можна розглянути у двох аспектах: як ресурс розвитку та як матеріальний компонент системи, відмінним від техногенних своїм характером та природньою динамікою розвитку [40].

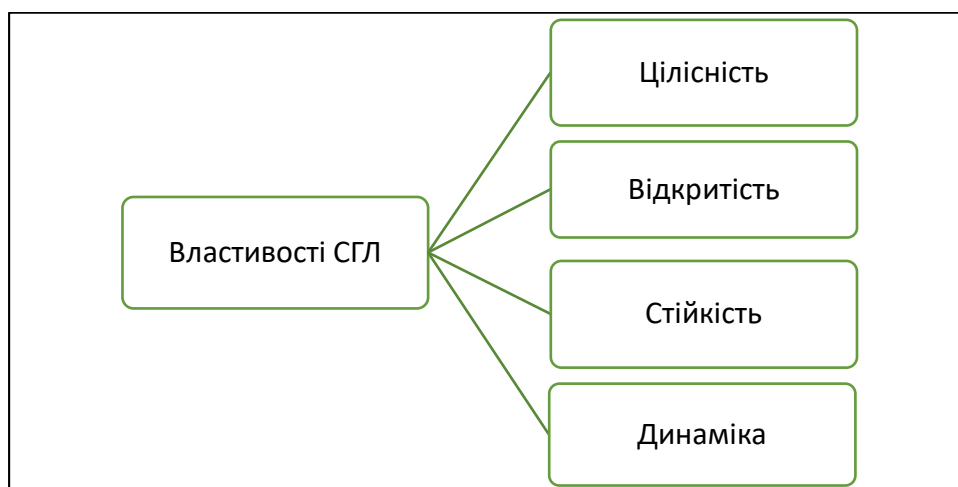


Рис.1.1. Властивості суспільно-географічного ландшафту (узагальнено автором)

Суспільно-географічний ландшафт є *відкритою* системою, яка тісно взаємодіє з природним середовищем та відтворюється на основі нього. З одного боку, він активно споживає ресурси, енергію та інформацію, яка надходить ззовні, з іншого боку - викидає речовини у природне середовище. Таким чином, розвиток СГЛ залежить від використання матеріальних та енергетичних можливостей зовнішнього середовища, тому його відокремлений розвиток стає неможливим через цю взаємодію [40].

Окрім цього, існують ще дві важливі умови для *стійкості* СГЛ. Перша умова полягає в тому, що стійкість ландшафту залежить від його різноманітності (варіативності). Це пов'язано з тим, що різноманітність дозволяє ландшафту адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі. Саме тому великі міста часто формуються на межах суходолу, біля морів та в природних зонах, де створюються сприятливі умови для їх розвитку [40].

Друга важлива умова для розвитку суспільно-географічного ландшафту полягає в тому, що він завжди прив'язаний до певного місця у географічному просторі. Це означає, що розвиток і функціонування СГЛ залежить від природних умов і ресурсів даної території. Наприклад, гірські райони, характеризуються складним рельєфом, що ускладнює будівництво і транспортні зв'язки. Це впливає на розвиток міського середовища в таких районах. А пустельні регіони, як правило, характеризуються нестачею вологи, що ускладнює сільське господарство і впливає на людську діяльність в таких районах [40]. Виходячи з вищесказаного, стійкість СГЛ залежить від багатьох факторів, зокрема від його різноманітності та розташування.

Динаміка СГЛ визначається змінами в його компонентах. Природні компоненти змінюються під впливом природних процесів та антропогенного впливу, а суспільні - змінюються під впливом соціально-економічних процесів.

Взаємодія компонентів СГЛ несе як і позитивний, так і негативний ефект. Приклади їх взаємодії подані у табл.1.1.

Таблиця 1.1

Позитивний та негативний вплив взаємодії суспільства і природного середовища (побудовано автором)

Позитивний	Негативний
Використання відновлюваних джерел енергії задля збереження навколишнього середовища.	Забруднення середовища, що негативно впливає на загальний стан населення.
Створення національних природних парків, заказників, ботанічних садів, які зберігають екосистему та створюють рекреаційні зони.	Екологічний дисбаланс, спричинений розростанням міст, призводить до втрат біорізноманіття.

Регулювання річок за допомогою будівництва гребель та каналів задля розвитку сільського господарства.	Викиди парникових газів з промислової діяльності та використання транспорту спричиняють глобальне потепління.
---	---

Отже, розвиток суспільно-географічного ландшафту є підпорядкований і природним законам, і соціально-економічному розвитку суспільства. У цьому і відзначається відмінність від природних систем, яким властиве самовдосконалення [40].

Слід зауважити, що окремо може йтися про *урбанізований СГЛ*. Визначення останнього можна спробувати дати наступним чином. «Урбанізований суспільно-географічний ландшафт» (УСГЛ) – це складна і багат шарова територія, що характеризується високою щільністю забудови, інтенсивною інфраструктурою та активною соціально-економічною діяльністю. Вона включає в себе різноманітні елементи міського середовища, такі як житлові, комерційні та промислові зони, транспортні мережі, зелені насадження та рекреаційні зони, що інтегровані в єдину квазісистему. Цей тип ландшафту формується, перш за все, під впливом антропогенних факторів, відображаючи процеси урбанізації та соціально-економічного розвитку, які визначають його структуру, функціональність та динаміку змін. У нашій подальшій роботі, коли ми згадуємо СГЛ, у багатьох випадках йдеться саме про УСГЛ.

1.2. Можливі аспекти впливу воєнних дій на суспільно-географічний ландшафт

Розвиток людства спричинив активне «покращення» війни, а саме появу нових видів зброї [29]. Перша світова війна увійшла в історію, як війна з найбільшою кількістю винаходів людства у галузі військової техніки [33]. Вперше було застосовано отруйні речовини (168 тон хлору німецька армія використала проти французів у 1915 році), було створено броньовані машини, які озброєнні кулеметами або гарматами, автоматичну зброю, яку винайшов

британський конструктор М. Гайрем у 1884 році, перший у світі важкий бомбардувальник «Ілля Муромець» та перші підводні човни [34]. Розквіт військової техніки був очевидним, збільшилась їх руйнівна сила, яка несла негативний вплив на суспільно-географічний ландшафт.

Під час наступного збройного конфлікту – Другої світової війни, зброя продовжувала вдосконалюватись. У 1944 році на м. Лондон падали «бомби, які дзижчали» – німецькі крилаті ракети V-1 [34]. Точність на той час у них була мінімальна, а масштаби руйнування завдавали серйозні: розбита вулиця, кількість жертв становила 119 осіб та поранено 141 людину (рис.1.1) [33].

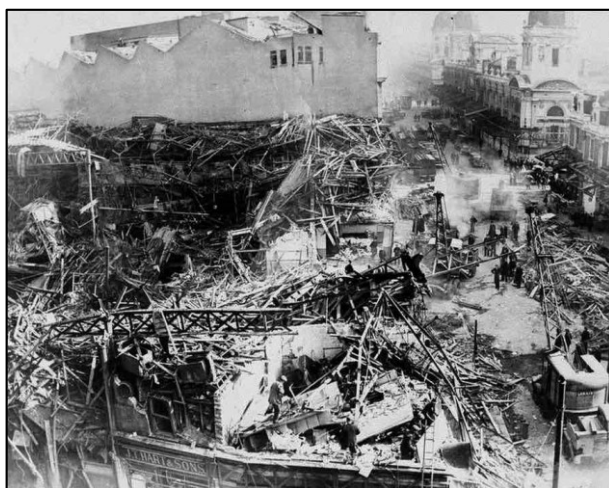


Рис.1.2. Наслідки бомбардувань ракетами V-1, Лондон, літо 1944 року [33]

Найбільшим збройним конфліктом після Другої світової війни у Європі є російсько-українська війна. Війська російської федерації застосували понад 210 видів забороненої зброї проти України, якими було знищено критично важливі об'єкти інфраструктури [41]. В Україні (станом на 03.02.2023) зруйновано вже майже 4,5 тисячі житлових будинків, близько 550 навчальних закладів, понад сотня медичних закладів та ще більше тисячі об'єктів культурної інфраструктури [47].

В залежності від ведення війни вплив на СГЛ може бути тривалим і важко піддається прогнозуванню. Він залежить від багатьох факторів, таких як

масштаб, тривалість бойових дій, а також географічні та соціальні особливості регіону і включає у себе різні аспекти впливу (табл.1.2.).

Таблиця 1.2

Аспекти впливу воєнних дій на суспільно-географічний ландшафт

(побудовано автором за даними [52, 30, 1, 38, 12])

Воєнні дії	Вплив на суспільно-географічний ландшафт
Бомбардування ракетами, артснарядями, авіабомбами	На територіях відбувається порушення рельєфу: різке зниження або підвищення рівня ґрунту, в результаті чого відбувається осушення або затоплення земель, що призведе до неможливості використання для сільськогосподарських робіт. Токсичні речовини, призводять до деградації ґрунтів, зменшення їх родючості та майбутніх врожаїв.
Замінування території та використання вибухонебезпечних речовин	Вибухи спричиняють викиди токсичних речовин, що забруднюють повітря, земельні та водні ресурси, що негативно впливає на рослинний і тваринний світ. Видозмінюється геоморфологічна структура. Також, населення обмежуються свободою вільного пересування територіями: стає неможливим відвідування культурних, навчальних закладів, обробка землі, доступ для ремонтних робіт критичної інфраструктури. Це призводить до демографічних наслідків, наприклад, до міграції населення у більш безпечні міста та країни, змінюючи цим структуру населення.
Підриви нафтоскладів та складів боєприпасами	Внаслідок підриву стається масштабне витікання нафти та нафтопродуктів у природне середовище. Це призводить до серйозного забруднення водойм, ґрунту, рослинного покриву. Території зазнають значних пошкоджень, а саме зсуви ґрунту, утворення кратерів та змінення рельєфу, що впливає на ландшафтну структуру. Розбудова інфраструктури, планування міст і проживання людей на таких територіях стає неможливим або можливим через певний період часу.
Підриви енергетичної інфраструктури	Підрив гідроелектростанцій (ГЕС) призведе до загибелі людей, затоплення населених пунктів та тисяч гектарів територій, знищення унікального біорізноманіття, забруднення річок і морів, втрати системи зрошення, а водосховище перетвориться на пустелю. Ведення воєнних дій на атомній електростанції (АЕС) або поблизу має 2 сценарії: 1) у разі підриву викидається радіоактивний цезій, йод та стронцій, велика доза яких підвищує ймовірність онкологічних захворювань людей. Виникає зона відчуження на десятки кілометрів, яка забруднює всі населені пункти, гідрографічні об'єкти, ведення сільського господарство стає неможливим. Також, важливу роль має вітер: від його напрямку залежить, які території постраждають. 2) У разі захоплення воєнними територіями АЕС та відсутності фахівців, стаються неполадки через відмову системи охолодження або системи постачання електроенергії чи магістралі подачі води, що спричиняє вихід з ладу реактора. В результаті відбувається розтоплене паливо взаємодіючи з елементами ґрунту під електростанцією спричиняє парові вибухи. Як наслідок навколишнє

	населення буде піддаватися радіаційній експозиції від забрудненого ґрунту, відкладень, зараженої флори та фауни. Вплив таких викидів не обмежується впливом на місцевому рівні, викиди розносяться морськими течіями та забруднюють великі площі.
Пожежі	Обстріли житлових масивів, об'єктів промисловості, інфраструктури і зелених насаджень призводять до пожеж, які спричиняють додаткове забруднення ґрунту і вод, пошкодження комунікацій підприємств та інших об'єктів підвищеної екологічної небезпеки. У повітря потрапляє велика кількість органічних речовин і чорного вуглецю, а також діоксид азоту. За відсутності та неможливості ліквідації негативних наслідків ці явища потенційно збільшують масштаби негативного впливу на ландшафт. Гасити лісові пожежі в зоні бойових дій просто неможливо, тому втрати є величезні.
Тактика спаленої землі	Цей метод знищення всього необхідного для існування війська та цивільного населення на територіях: запасів харчових продуктів та врожаю, забруднення або отруєння джерел питної води, знищення інфраструктури — шляхів і засобів автомобільного й залізничного транспорту, комунікацій та засобів зв'язку, техніки, споруд і служб, промислових підприємств, установ та житлових будівель, іноді навіть цілих міст.

Коли війни ведуться в містах, руйнації відбуваються не лише із житловими будинками. Через влучання снарядів пошкоджується життєве важлива інфраструктура, яка забезпечує функціонування міст. Це може призвести до відсутності безпечної питної води, електрики для живлення будинків, підприємств та лікарень [30].

Воєнні дії мають значний вплив на суспільно-географічний ландшафт, змінюючи особливості функціонування соціуму разом з природним середовищем, процес відновлення якого буде надскладним і тривалим у майбутньому саме через вказані обставини.

1.3. Геоінформаційні платформи та модулі у дослідженнях СГЛ

Сучасний світ характеризується переходом до інформаційного суспільства. Інформаційні технології стають все більш важливими у всіх сферах людської діяльності. Зокрема, у суспільно-географічній сфері активного розвитку набувають геоінформаційні технології (ГІС-технології).

Геоінформаційні системи (ГІС) – це сукупність апаратно-програмних засобів і алгоритмічних процедур призначених для збору, введення, зберігання, математико-картографічного моделювання і образного представлення геопросторової інформації [43].

ГІС об'єднують традиційні операції роботи з базами даних, такі як запит і статистичний аналіз, з перевагами повноцінної візуалізації і географічного (просторового) аналізу, які надає карта. Такі характеристики відрізняють ГІС від інших систем обробки інформації, надаючи унікальні можливості для використання в різноманітних завданнях. Ці завдання включають аналіз та прогнозування явищ і подій, що відбуваються у суспільно-географічному ландшафті, а також розуміння ключових факторів їх появи і можливих наслідків. Використання ГІС дає змогу стратегічно планувати і оцінювати результат зроблених дій [42].

ГІС складається з п'яти складових: апаратні засоби, програмне забезпечення, дані, методи та людина-аналітик (користувач) (рис.1.3.) [42].

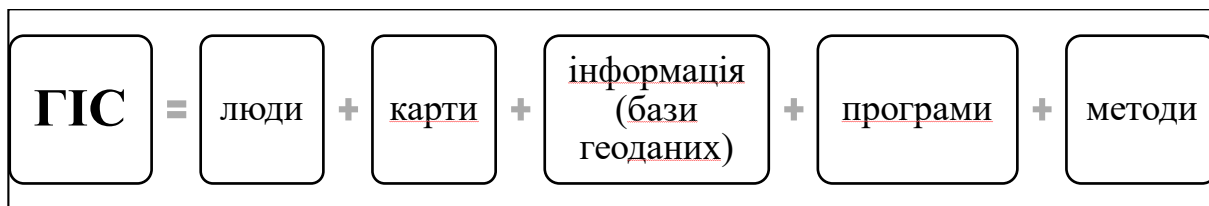


Рис.1.3. Формула ГІС (побудовано автором за даними [42])

- До апаратних засобів відносяться: комп'ютери, засоби зберігання даних, пристрої введення та виведення інформації [15].
- Програмне забезпечення ГІС включає у себе набір інструментів і функцій, які дозволяють зберігати, аналізувати та відображати географічну (просторову) інформацію.
- База геоданих описують будь-які об'єкти, що мають локалізацію в реальному земному просторі. Вони мають дві взаємопов'язані складові: просторові дані, що відтворюють місцезнаходження, розміри об'єкта та семантичні дані, які описують його зміст та характеристику [49].

- Успішність та ефективність ГІС залежать від складених методів, правил та планів роботи, які враховують особливості поставлених задач.
- Використання технології ГІС неможливе без участі людей - користувачів, які працюють з програмними продуктами і розробляють стратегії їх застосування для вирішення практичних завдань.

Використання ГІС у дослідженні суспільно-географічного ландшафту дозволяє оперативно отримати повну та актуальну інформацію для швидкого аналізу, оцінки та підтримки прийняття рішень щодо, наприклад, усунення наслідків можливого антропогенного імпаكتу на СГЛ, у тому числі – через маргінальну форму такого імпаكتу, якою є воєнні дії. Відповідні заходи, що можуть бути спрямовані на запобігання вказаному впливу й на створення комфортних умов проживання соціуму, забезпечення сталого розвитку та збереження природних ресурсів у межах міста, адекватно й ефективно можуть бути обґрунтовані виключно через ГІС-технології [28].

Таким чином, геоінформаційні системи й відповідні модулі моделювання маємо прийняти ключовим інструментом для дослідження суспільно-географічного ландшафту. Особливий інтерес сучасні методи ГІС, які дозволяють нам отримувати інформацію в режимі реального часу, охоплювати всі дані та забезпечувати точність стану міського середовища. Дані технології можна використовувати для різних завдань у дослідженні СГЛ (рис.1.4).

Домінантним програмним засобом для розв'язання просторових аналітичних завдань на світовому ринку програмного забезпечення є географічні інформаційні системи ГІС-платформи *ArcGIS* (виробник – компанія ESRI, світовий монополіст на ринку геоінформаційних систем). *ArcGIS* – це система, що дозволяє користувачам збирати, організовувати, керувати, аналізувати та поширювати географічну інформацію. *ArcGIS* являється світовим лідером серед платформ для побудови та використання геоінформаційних систем [60].



Рис.1.4. Аспекти застосування ГІС-засобів у дослідженні суспільно-географічного-ландшафту (побудовано автором)

Платформа функціонує на основі базових модулів [14, 27]:

- *ArcMap* – слугує для створення й публікація карт, їх аналізу та редагування;
- *ArcCatalog* – допомагає упорядковувати інформацію та керувати нею, а також – картами, метаданими, наборами даних й сервісами;
- *ArcToolbox* – використовується і для управління шарами даних, і для проведення аналізів і конвертації даних.

Також, для вирішення спеціалізованих просторових завдань, використовуються додаткові модулі, які розширюють функціональні можливості *ArcGIS*. До них можна віднести [23]:

- *ArcGIS Spatial Analyst* – надає широкий вибір функцій просторового аналізу і моделювання, що дозволяє створювати растрові дані, будувати до них запити, проводити картографування та аналіз;

- *ArcGIS 3D Analyst* - дозволяє ефективно аналізувати та відображати поверхні, у зокрема рельєф місцевості. Використовуючи цей інструмент, можна робити огляд на поверхні з різних точок, створювати запити до поверхонь, визначати області видимості з різних точок спостереження та проводити тривимірне моделювання завдяки «накладання» растрових та векторних даних на поверхню;
- *ArcGIS Military Analyst* — забезпечує комплекс інструментів, що відповідає специфічним вимогам військових для аналізу даних та стратегічного планування дій;
- *ArcGIS Maplex* – призначений для автоматичного та оптимального розташування текстових назв на карті за певними правилами.
- *Data Management Tools* - містить інструменти, що використовуються для створення, управління та підтримки категорій об'єктів, наборів даних, шарів та різноманітних структур растрових даних.

Отже, використання ГІС-платформ дозволяє ефективно вирішувати завдання для дослідження суспільно-географічного ландшафту та дозволяє виконувати аналіз даних на основі цифрових карт, щоб оцінити вплив людської діяльності на природне середовище.

1.4. Можливості застосування результатів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для аналізу суспільно-географічних ландшафтів

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це спостереження поверхні нашої планети за допомогою знімальної апаратури, яка встановлена на космічних та інших літальних пристроях, які дають можливість визначати зміни та тенденції процесів, що прогресують на земній поверхні та над нею [13]. ДЗЗ це пріоритетний напрям для науково-практичних досліджень. Його технічними перевагами є такі можливості [32, 24]:

- відображення достовірної та фактичної інформації;

- детальність спостережень над будь-якою територією земної поверхні складає до 30 см;
- висока періодичність зйомки з космосу;
- спостереження на одному знімку має багатоспектральний характер, тобто наявність набору спектральних каналів;
- моніторинг об'єктів, територій за масштабністю та повторюваністю;
- швидке реагування на проблеми природокористування та розробка планів їх вирішень.

Засоби дистанційного зондування Землі набули широкого застосування в багатьох галузях людської діяльності. У сучасному світі використання засобів ДЗЗ охоплює широке коло функціонування: аналіз антропогенної та природної зміни екосистем і наслідки стихійних лих, катастроф [56]. Наприклад, дефорестація, зміна земельного покриття через будівництво, викиди від промисловості, використання пестицидів у сільському господарстві, виявлення пошкоджень через землетруси, цунамі, повені, лісові пожежі, розливи нафти, різноманітні аварії на підприємствах.



Рис.1.5. Супутникові знімки постраждалих територій (а- вигоріла частина Ізюмського лісу Харківської області, б- пожежі у зеленій зоні внаслідок бойових дій поблизу Запорізької АЕС)

Конкретними прикладами, які виникли внаслідок бойових дій є вигоріла частина Ізюмського лісу у Харківській області або пожежі у зелених зонах поблизу Запорізької АЕС (рис.1.5.).

Завдяки космічним знімкам чітко фіксуються масштаби та локації вирубки лісів, площі розливу нафтопродуктів, деформації русла річок, наслідки пожеж, аномальні забруднення атмосферного повітря, ділянки з низькою/високою температурою, забудовані території та їх обсяги руйнувань. Тобто, супутникові зображення надають не лише ту інформацію, яку бачимо неозброєним оком, а й таку, що недоступна чи невідома. Це дає людству розширення можливостей сприймання Землі та доступу до огляду ризикованих чи важкодоступних місць.

Одним з найважливіших функціоналом у засобах дистанційного зондування є відслідковування динаміки змін об'єктів з урахуванням ретроспективи. Такий різночасовий аналіз знімків дає можливість більш детально вивчати досліджувану територію, порівнювати об'єкти до та після, відстежуючи зміни протягом короткого чи тривалого періоду часу в залежності від наявності знімків [9].

На рис.1.6. показано супутникові знімки Кінбурнського півострова, що знаходиться на межі Херсонської та Миколаївської областей, двох періодів: 17.08.2021 (а) та 22.08.2022 (б). На знімках прослідковується зміна кольорів по всій території від зеленого до коричневого. Причиною цього є окупація на півострові, через яку виникали масштабні пожежі. Даний півострів характеризується великою кількістю реліктових лісів, солончаків, недоторканих ділянок піщаного степу, червонокнижних тварин та рослин, а також заповідних об'єктів, які постраждали внаслідок бойових дій, а саме регіональний ландшафтний парк «Кінбурнська коса», ділянка «Волижин ліс» (частина Чорноморського біосферного заповідника) та національний природний парк «Білобережжя Святослава» [31].

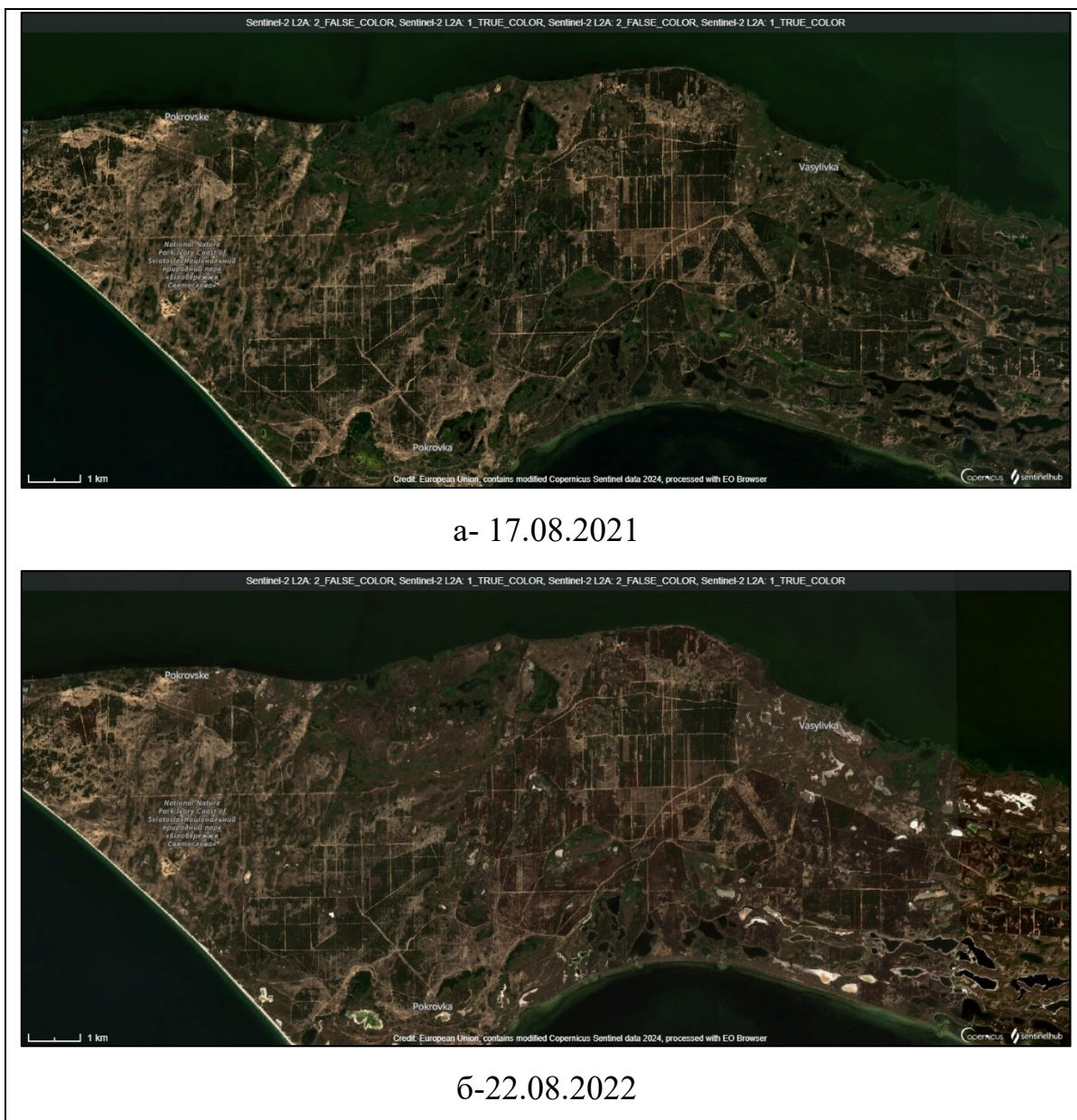


Рис.1.6. Супутникові знімки Кінбурнського півострова з *Sentinel-2* до (а) та під час окупації (б)

З допомогою супутникових знімків відбувається оцінка масштабів пожеж і розрахування площі вогню. Відомо, що впродовж 2023 року на Кінбурнському півострові сталося щонайменше 50 пожеж, які охопили 10 тисяч гектарів. Після закінчення війни будуть збиратися точні дані з супутників, розраховуватися цифри збитків та розроблятися плани відновлення природи півострова [48].

Таким чином, використовуючи ДЗЗ у аналізі суспільно-географічних ландшафтів можна вивчати відновлення та зникнення лісів, відбудову та

пошкодження інфраструктури, обсяги кількості воронок від влучань снарядів на сільськогосподарські угіддя, масштаби затоплених або осушених територій. Супутникові знімки - це інструмент, який поєднує в собі оперативність, об'єктивність, достовірність і робить його незамінним для регулярного моніторингу, адже інші методи не здатні охопити такий рівень деталізації.

На нашу думку, слід окремо підкреслити ще один важливий аспект. Якщо на початку та у перші роки епохи ГІС (кінець 80 рр. минулого сторіччя – початок нульових) головним джерелом первинних даних для цього програмного забезпечення були скановані зображення паперових носіїв, то зараз – це виключно результати ДДЗ.

РОЗДІЛ II

МЕТОДИКА ВПРОВАДЖЕННЯ АНАЛІЗУ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СУСПІЛЬНО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ЛАНДШАФТ ЧЕРЕЗ ГІС- ЗАСОБИ

2.1. Загальний огляд методів ГІС-аналізу і моделювання для дослідження СГЛ

ГІС є найважливішою складовою та інструментом просторового аналізу, оскільки доповнюють і вдосконалюють цей аналіз за допомогою численних інструментів просторової оцінки та візуалізації. Відповідно, така базова функціональність може бути найкращим засобом впровадження певного геоінформаційного інструментарію для дослідження СГЛ.

Просторовий аналіз – набір методів для обробки географічних даних, включаючи побудову буферних зон, аналіз географічного збігу та включення, розподіл територій за допомогою полігонів Тиссена-Вороного та аналіз близькості [25].

Вибір потрібної частини інформації з баз даних здійснюється за допомогою *запитів (query)*. Користувачі використовують різні інструменти для формулювання запитів та витягування інформації з загальної маси даних у визначеному форматі. Ці запити можуть бути організовані за місцем розташування об'єктів (за їхніми координатами та взаємним розташуванням) або за їхніми атрибутами. Вони використовують різні набори інструментів в залежності від типу запиту та параметрів, що беруть участь [25].

Точкові, лінійні та полігональні об'єкти використовуються для створення нових територіальних структур, межі яких розташовані на певній відстані від вихідних. У ГІС такі створені структури відомі як *буфери*. Ці буфери можуть бути створені навколо точкових (наприклад, джерела питної води, джерела забруднення), лінійних (річок, автомобільних трас, трубопроводів) або

полігональних (смітників, водойм, лісових масивів) об'єктів. Розміри буфера можуть бути незмінними або автоматично встановлюватися згідно з певними критеріями, які базуються на інформації в базі даних, або змінюватися відповідно до зовнішніх умов та факторів [25].

Процедура при *аналізі географічного збігу і виключення* полягає в аналізі взаємного розташування об'єктів – точкових, лінійних та полігональних. Можливими варіантами такого розташування є [25]:

- визначення розташування всіх точкових об'єктів у межах територіального об'єкта, наприклад, лікарні, школи, парки, розташовані в межах міста (операції типу «*point-in-polygon*»);
- виявлення всіх лінійних об'єктів у межах територіального об'єкта, наприклад, дороги, залізниці, трубопроводи, розташовані в межах області (операції типу «*line-in-polygon*»);
- визначення полігональних об'єктів, що лежать у межах інших полігональних об'єктів, наприклад, житлові квартали, промислові зони, розташовані в межах міста (операції типу «*polygon-in-polygon*»).

Завданням *аналізу близькості* є виявленням об'єктів, які знаходяться на певній відстані від вихідного об'єкта. Результати цього аналізу можна використовувати для подальшого аналізу [25]. У дослідженні СГЛ цей метод може бути використаний для вирішення завдань, наприклад, визначити зону впливу пожежі, щоб оцінити можливі наслідки для навколишнього середовища та населення або визначити зони задимлення від пожежі і оцінити, які люди потрапляють у цю зону і потребують евакуації.

Метод *Тиссена-Вороного* є простим і доступним для реалізації практично у всіх ГІС-пакетах з розвиненими аналітичними засобами. Його полігонами є багатокутники, які оточують мережу точкових об'єктів так, що для кожної точки у межах полігонів відстань до центральної точки завжди менша, ніж до будь-якої іншої точки мережі. Побудова таких багатокутників це одна з ключових операцій для поділу вивченої території на райони, що відображають просторові

асоціації та взаємодії. Цей вид аналізу широко використовується для розподілу поверхні з використанням критеріїв та атрибутів, визначених користувачем. Побудова полігонів *Тиссена-Вороного* є основою одного з методів просторової інтерполяції точкових даних [25]. У СГЛ полігони *Тиссена-Вороного* можна використати для розподілу території міста на зони, які знаходяться в межах певної відстані від об'єктів соціальної інфраструктури чи для інтерполяції даних про рівень забруднення повітря в місті, які дозволять оцінити, як різні об'єкти впливають на навколишнє середовище або населення. Таким чином, можна виокремлювати певні просторові складові суспільно-географічного ландшафту.

Інтерполяція – це процес обчислення проміжних значень певної величини на основі відомих значень цієї величини. Метою просторової інтерполяції є створення суцільної поверхні на основі мережі вихідних точок з певним розміром кроку сітки. *Gridding* - процес створення регулярної прямокутної сітки числових значень на основі нерегулярних точок. За допомогою регулярного набору даних x , y , z можна виконати багато аналітичних процедур і створити різноманітні графічні візуалізації поверхонь, такі як карти ізоліній, блок-діаграми та зображення з використанням напівтонів або градієнтів [25].

Для моделювання безперервних поверхонь у ГІС відносяться такі методи:

1. *Метод оберненої відстані*. Цей метод при широкому спектрі значень змінної та нерівномірному її розподілі у просторі має утворення на інтерпольованій поверхні зон з підвищеними або зниженими значеннями, що мають форму овальних «волових очей».
2. *Сплайн-інтерполяція*. Базується на використанні для інтерполяції в околі певного вузла фрагментів поліноміальних функцій, які називаються «функції сплайнів».

Різні методи інтерполяції мають бути застосовані, як правило, тоді, коли дані про певну урбанізовану територію – суспільно-географічний ландшафт є неповними й відповідно, ми не можемо бачити цілісної картини таких утворень.

2.2. Збір та систематизація просторових даних щодо суспільно-географічного ландшафту

Для того, щоб отримати найбільш актуальну та точну інформацію даних використовується *Google Планета Земля* (анг. *Google Earth*) – віртуальний глобус карт глобального покриття, в рамках якого в мережі Інтернет були викладені супутникові фотографії нашої планети. Фотографії певних регіонів мають дуже велике розширення, що дозволяє в найдрібніших деталях розглянути зображення [58]. Для візуалізації зображення використовується тривимірна модель всієї земної кулі, яка відображається на екрані. Саме в тривимірності ландшафтів і полягає головна відмінність *Google Earth* від її попередників [52].

Інтерфейс глобального переглядача *Google Планета Земля* має простий та зручний дизайн. Інформативність вікна змінюється в залежності від того, які шари активовані у внутрішній серверній базі програми. Це значно розширює можливості карти, додаючи корисні матеріали і збільшуючи її повноту. За допомогою інтерфейсу користувача програми *Google Планета Земля* можна створити зображення земної поверхні, описи, додавати мітки, шляхи та полігони, які накладаються на знімки (рис.2.1).

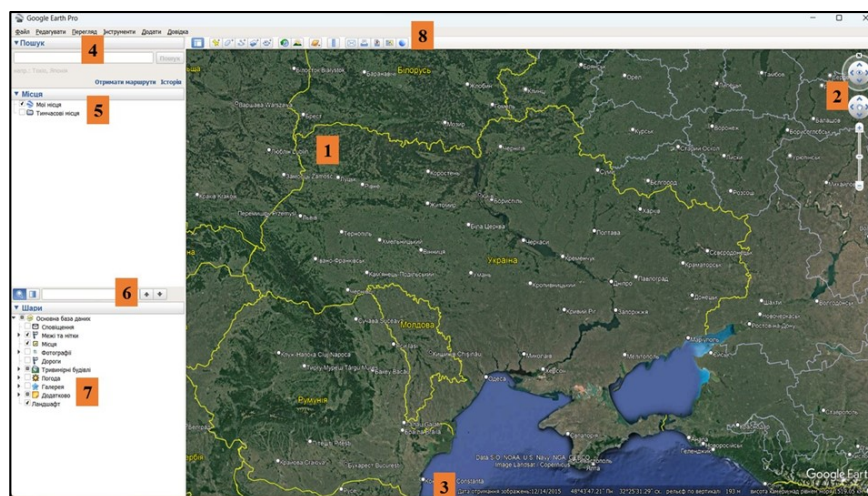


Рис.2.1. Елементи інтерфейсу глобального переглядача *Google Планета Земля*

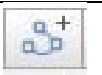
Основними елементами глобального переглядача є:

1. *Вікно 3D-перегляду*: призначений для перегляду глобуса і рельєфу;
2. *Елементи управління навігацією*: призначені для віддалення або зближення, зміни кута огляду та обертання;
3. *Рядок стану*: вказують координати широти/довготи, висоти над рівнем моря;
4. *Панель пошуку*: призначена для пошуку адрес та маршрутів, а також керування даними результатами;
5. *Панель «Місця»*: призначена для пошуку, збереження та впорядкування міток, а також швидкого доступу до них;
6. *Пошук міток*: призначений для швидкого знаходження місця, фотографії, розташуванні будь-якого об'єкта;
7. *Панель «Шари»*: призначена для огляду об'єктів різних тем;
8. *Кнопки панелі інструментів*.

Оцифровка первинної інформації відбувається за допомогою інструментів, які знаходяться на функціональній панелі (табл.2.1) [54].

Таблиця 2.1

Інструменти для оцифровки первинної інформації

	- Мітка. Використовується для вказівки положення на земній поверхні і представлена значком булавки жовтого кольору.
	- Шлях. Використовується для створення різних типів шляхів, що дозволяє підійти до відображення даних творчо.
	- Багатокутник. Використовується для моделювання будівлі та інші об'єктів.

Сервер має велику базу додаткових даних, які можна підключити. Наприклад, назви сіл, міст, водних об'єктів, аеропортів, доріг та залізниць. А також, для населених пунктів є більш деталізована інформація, наприклад, підписи вулиць, магазинів, енергетичної інфраструктури, навчальних закладів тощо.

Більшість знімків міст України у глобальному переглядачеві було оновлено станом на 2022 рік. Завдяки цьому робота проходила з актуальною інформацією.

Суспільно-географічний ландшафт можна візуалізувати наступним чином через так звані *геометричні примітиви*: точкові об'єкти, які відображають властивості міст, лінійні об'єкти, які відображають взаємодію між різними населеними пунктами та полігональні об'єкти, що показують, як суспільні явища та процеси розподілені на території [22]. А дешифруванням називають процес отримання інформації про просторові об'єкти на основі їх фотографічного зображення та подальше фіксування їх умовними знаками. Дешифрування ідентифікує об'єкти, визначає їх розташування, координати, проводить детальний аналіз кількісних та якісних характеристик і на карті закріплює результати у прийнятним стандартам вигляді умовних позначень [26].

Глобальний переглядач *Google Планета Земля* дає можливість створити точкові, лінійні та полігональні просторові об'єкти. Точковими об'єктами представлено певні великі міста України, що постраждали від воєнних дій, енергетичну інфраструктуру та промислові підприємства. Лінійними об'єктами виділено побиті вулиці та мости, а у вигляді полігонів представлено території пошкоджених полів, які використовують для сільського господарства (рис.2.2.).

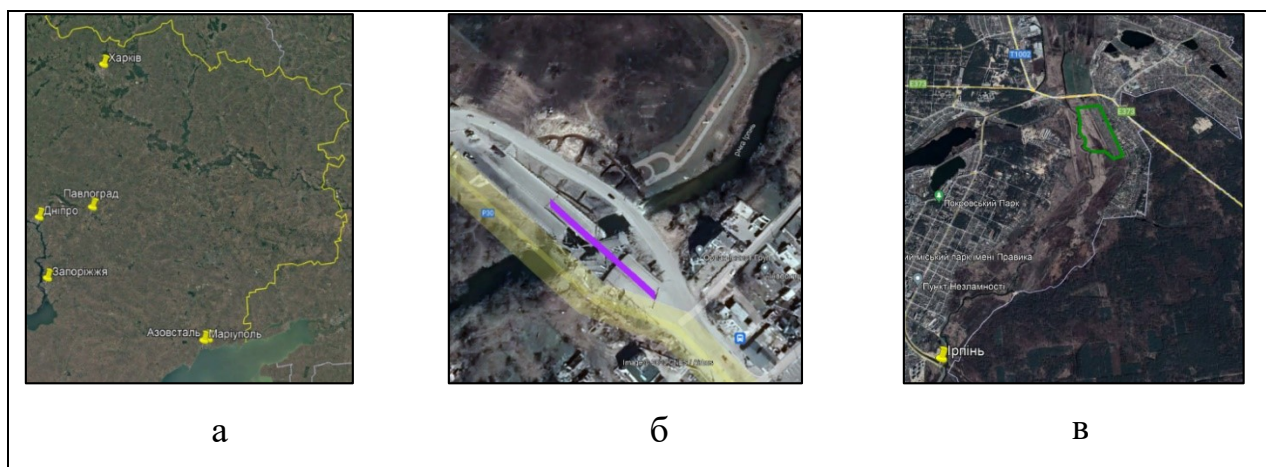


Рис. 2.2. Типи об'єктів, які створювались в глобальному переглядачеві *Google Планета Земля* (а – точкові, б – лінійні, в – полігональні)

Даними для *Google Планета Земля* є супутникові знімки. Для дрібних масштабів використовуються супутники *Landsat-8/9* та *Sentinel-2*, для детальних – супутник *Worldview-3*.

Landsat-8 – один із сімейства супутників *Landsat* спільного проекту NASA і USGS, який застосовують для спостереження та збору даних про Землю. Опрацювання даних відбувається двома основними датчиками: *Operational Land Imager (OLI)* та *Thermal InfraRed Sensor (TIRS)*, які налаштовані на 11 діапазонів. Завдяки *TIRS*, *Landsat-8* може робити знімки Землі з роздільною здатністю 100 м, які використовуються для вимірювання температури поверхонь, а *OLI* – 30 м [55].

Його наступник *Landsat-9* було випущено у 2021 році, він вважається одним з найпотужніших для моніторингу Землі. Супутник є майже клоном *Landsat-8*. Було змінено датчики на *OLI-2* та *TIRS-2*. Кожен супутник має часову роздільну здатність 16 днів. Працюючи в парі, зйомка проводиться з періодичністю 8 днів [57].

Sentinel-2 – супутник, який був запущений компанією *ESA* за програмою *Copernicus* у 2015 році. Його спеціально розроблено для збору великих обсягів даних та високоякісних зображень Землі. Знімки *Sentinel-2* фіксує 13 каналів в діапазоні від видимого до короткохвильового інфрачервоного. Ці зображення мають високу роздільну здатність від 10 до 60 метрів. Використання двох супутників у місії дає можливість повторювати дослідження на екваторі з періодичністю 5 днів на екваторі і в середніх широтах - 2-3 дні [59].

WorldView-3 запущений у 2014 році, майже точна копія *WorldView-2*. Головна відмінність - висота орбіт, у *WorldView-3* вона нижча. На момент запуску просторова роздільна здатність *WorldView-3* була найкращою серед усіх комерційних супутників дистанційного зондування Землі: від 31 см до 3.7 м. Повторюваність зйомки від 1 до 4,5 діб [61].

Для суспільно-географічних досліджень *Google Планета Земля* є важливою програмою для збору первинних даних та візуалізації результатів

похідних досліджень та відображення побудованих моделей. Супутникові знімки, які використовуються в програмі, надають точну інформацію про земну поверхню, що дозволяє відстежувати зміни, які відбуваються внаслідок воєнних дій. Завдяки інструменту «зображення в часі», можна прослідкувати динаміку руйнування СГЛ і визначити райони, які найбільше постраждали.

2.3. Робота користувача в середовищі ГІС-платформи *ArcGIS* в рамках базової функціональності дослідження СГЛ

ArcGIS - це потужний інструмент для візуалізації та аналізу просторово розподіленої інформації. Він дозволяє створювати карти, які відображають статистичні дані, а також використовувати різні методи геообробки для вирішення конкретних завдань.

ArcGIS – складається з компонентів *ArcMap*, *ArcCatalog* та *ArcToolbox*.

ArcCatalog допомагає структурувати ГІС-інформацію та керувати нею, зокрема – картами, глобусами, набори даних, метаданими й сервісами, а *ArcToolbox* містить набір інструментів для конвертації, аналізу і керування даними. У *ArcToolbox* нескладні завдання реалізуються на основі робочих форм (таблиць), у яких необхідно заповнити порожні поля. Більш складні операції виконуються за допомогою відповідних «майстрів» [14, 46].

ArcMap – основний додаток програмного забезпечення для створення та редагування карт. Він використовується для візуалізації й дослідження геоданих, за його допомогою можна створювати умовні позначення, підготувати карти до друку та розміщення в мережі. *ArcMap* дозволяє проводити аналіз просторових даних та формулювати запити, що включають редагування, 3D аналіз, створення структури даних і відображення. *ArcMap* представляє географічну інформацію як сукупність шарів та інших складових елементів картографічного зображення [46].

Інтерфейс додатку *ArcMap* складається з наступних основних елементів (рис. 2.3) [14]:

1. *Таблиця змісту* – являє собою список всіх шарів карти й показує, які об'єкти представляє кожен шар. Тут можна змінювати розміщення шарів, додавати шари (команда «*Add Data...*» контекстного меню), видаляти шари з вікна карти, керувати стилями об'єктів карти, задавати атрибут шару «*Visible*» (видимий/невидимий) та у закладці «*Selection*» керувати відображенням вибірок на карті.
2. *Панель «Меню»*. Містить команди для роботи з програмою.
3. *Панель інструментів*. Тут розміщені основні засоби для роботи з географічною інформацією, що відображається у фреймі даних.
4. *Вікно карти*. Тут відображаються просторові об'єкти, які пов'язані з таблицею даних.
5. *Вікно навігації*. Дозволяє швидко переглядати та керувати геопросторовими даними: збільшувати (*Zoom In*), зменшувати (*Zoom Out*), переміститися (*Pan*), повний екстент (*Full Extent*), фіксоване збільшення (*Fixed Zoom In*), фіксоване зменшення (*Fixed Zoom Out*), назад (*Go Back To Previous Extent*), вперед (*Go To Next Extent*).

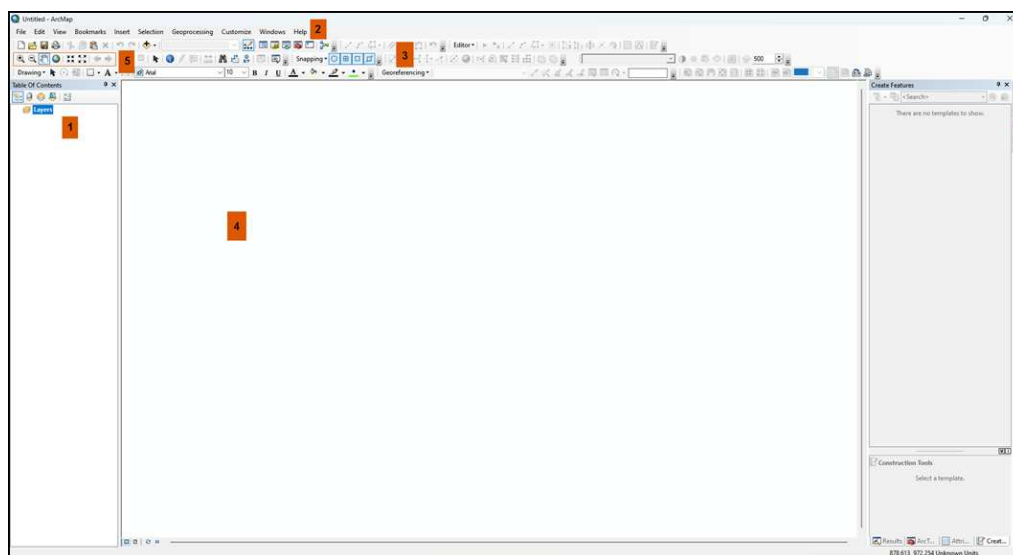


Рис.2.3. Користувацький інтерфейс *ArcMap* – картографічного модулю ГІС-платформи *ArcGIS*

Географічна інформація у *ArcMap* відображається у вигляді різних шарів (*Layers*) на картах. Кожен з них представляє собою набір об'єктів, які мають спільну тематику, наприклад: міста, дороги, мости, річки, парки, адміністративні межі, поширення флори та фауни тощо. Тобто кожен шар має набір просторових об'єктів за певною темою й одним типом геометрії [46]. У шарі не зберігаються дійсні географічні дані, замість цього він указує на дані, які зберігаються в покриттях, шейп-файлах, базах геоданих, зображеннях, ґрідах [14].

На рис.2.4. показано поєднання векторних шарів у цифрову карту. Перші шари містять столицю, міста, регіони, лінії та полігони річок України. Другим показано шари ОРДЛО (окремі райони Донецької і Луганської областей), окупованих та деокупованих територій України. Результатом об'єднання цих шарів є карта окупованих та деокупованих територій України (станом на 30.10.2023).

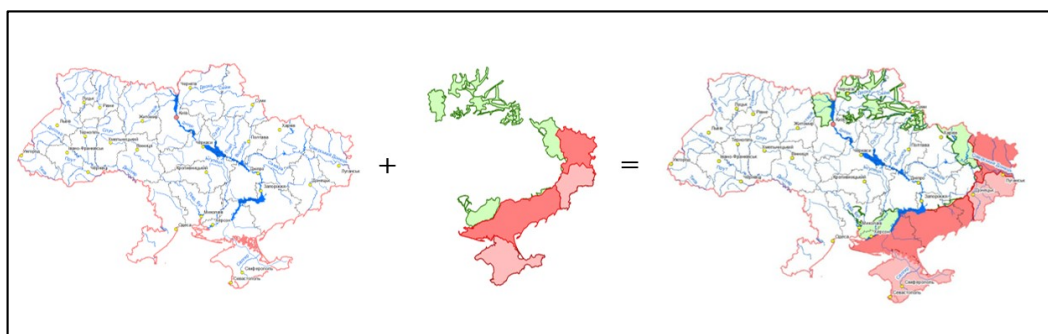


Рис.2.4. Об'єднання векторних шарів (побудовано автором у *ArcMap*)

Порядок, в якому знаходяться шари у таблиці змісту, визначає, як вони будуть представлені на карті. Шари, розташовані вгорі списку, розташовуються над тими, що розташовані у кінці. Можна легко змінювати цей порядок шарів, переміщуючи їх, щоб змінити спосіб відображення або об'єднати їх у окремі фрейми даних [19]. Також, декілька шарів можна скомпонувати в складний шар. При додаванні на карту всі шари в групі будуть представлені одним записом в таблиці змісту картографічного модулю *ArcMap*.

Багато прийомів ГІС-аналізу виконується через інструменти вибірки. Вибірка у *ArcMap* – це набір даних, призначений для перегляду та аналізу.

Сформувати вибірку можна за допомогою інтерактивного виділення об'єктів на карті, використовуючи об'єкти іншого шару, які перетинаються або розташовані поруч з об'єктами, що вибираються. Також можна створити вибірку, відбираючи об'єкти за вказаними значеннями атрибутів. Для вибору одного чи кількох об'єктів на карті можна скористатися простим кліком на об'єкті за допомогою інструменту «Вибрати об'єкти» (*Select Features*) (рис. 2.5) [35, 2].

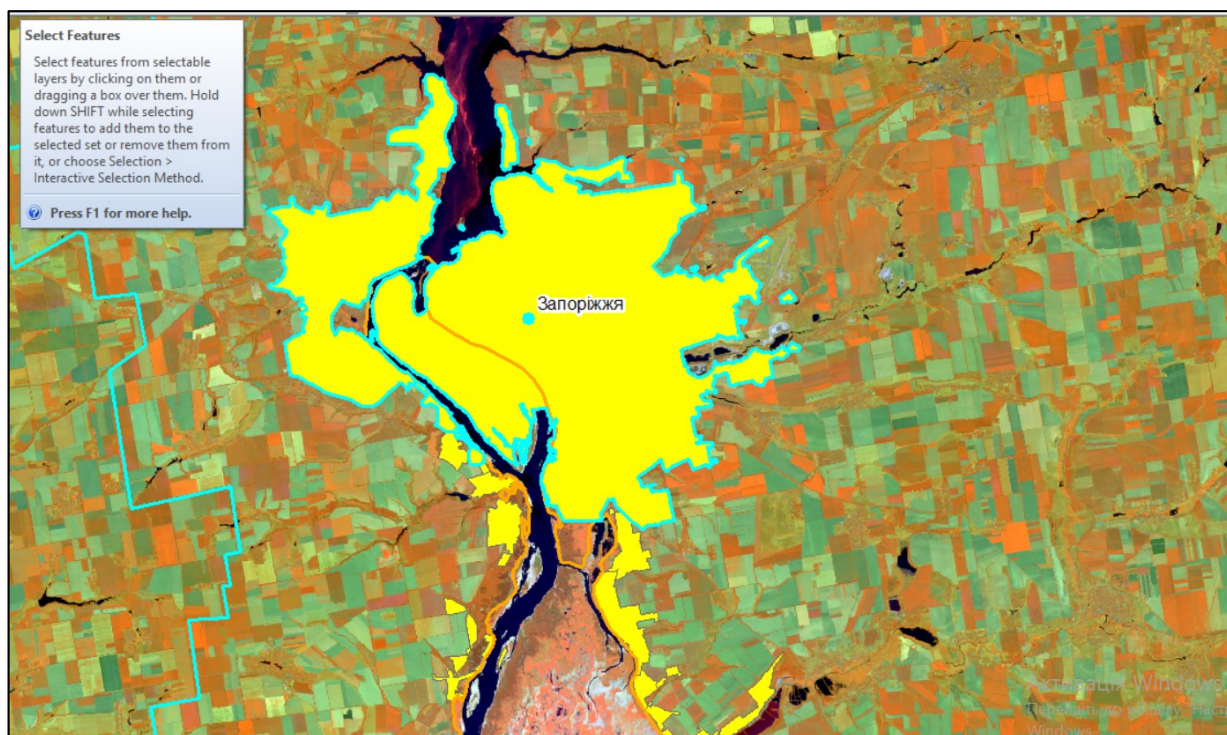


Рис.2.5. Результат вибору об'єкта шару City_point з допомогою інструмента *Select Features* (побудовано автором у ArcMap)

Карта може містити атрибутивну інформацію про об'єкти, яка не завжди відображається на самій карті. Ця інформація може бути дуже різноманітною і зберігається в таблиці атрибутів. Наприклад, атрибутивна інформація про місто така як: його назва, площа, кількість населення, галузі економіки або фізичні властивості річки: довжина, глибина, швидкість течії, тип ґрунту по якому протікає. Таблиця атрибутів містить ряд для кожного об'єкта і стовпчик для кожного атрибуту (рис.2.6.).

FID	Shape *	CODE OBJ	CODE NAME	KOATYU	NAME UKR	NAME RUS	NAME LAT	2001	г
0	Point	41100000P	Місто	4324785401	Симферополь	Симферополь	Simferopol		
1	Point	41100000P	Місто	7124989001	Черкаси	Черкассы	Cherkassy	9.5	
2	Point	41100000P	Місто	7440100000	Чернігів	Чернигов	Chernigov		
3	Point	41100000P	Місто	1240100000	Дніпро	Днепропетровск	Dnepropetrovsk		
4	Point	41100000P	Місто	1440100000	Донецьк	Донецк	Donetsk		
5	Point	41100000P	Місто	2640100000	Івано-Франківськ	Ивано-Франковск	Ivano-frankovsk		
6	Point	41100000P	Місто	6340100000	Харків	Харьков	Kharkov		
7	Point	41100000P	Місто	6540100000	Херсон	Херсон	Kherson		
8	Point	41100000P	Місто	6840100000	Хмельницький	Хмельницкий	Khmelntskii		
9	Point	41100000P	Місто	8000000000	Київ	Київ	Kyiv	2666.4	
10	Point	41100000P	Місто	3510100000	Кропивницький	Кировоград	Kirovograd	248.37	
11	Point	41100000P	Місто	9401000000	Луганськ	Луганск	Lugansk		
12	Point	41100000P	Місто	4640100000	Львів	Львов	L'vov		
13	Point	41100000P	Місто	4840100000	Миколаїв	Николаев	Nikolaev		
14	Point	41100000P	Місто	5324085209	Полтава	Полтава	Poltava	0.35	
15	Point	41100000P	Місто	5640100000	Рівне	Ровно	Rovno		
16	Point	41100000P	Місто	5940100000	Суми	Сумы	Sumy		
17	Point	41100000P	Місто	6110100000	Тернопіль	Тернополь	Ternopol	220.72	
18	Point	41100000P	Місто	0540100000	Вінниця	Винница	Vinnitsa		
19	Point	41100000P	Місто	7401000000	Луцьк	Лутск	Lutsk		
20	Point	41100000P	Місто	2310100000	Запоріжжя	Запорожье	Zaporozh'e	799.35	
21	Point	41100000P	Місто	1840100000	Житомир	Житомир	Zhitomir		
22	Point	41100000P	Місто	7310100000	Чернівці	Черновцы	Chernovtsy	242.25	
23	Point	41100000P	Місто	5140100000	Одеса	Одесса	Odessa		
24	Point	41100000P	Місто	4000000000	Севастополь	Севастополь	Sevastopol		
25	Point	41100000P	Місто	2140100000	Ужгород	Ужгород	Uzhhorod		

Рис.2.6. Інтерфейс таблиці атрибутів шару City_point

У верхньому полі таблиці вказуються назви колонок «CODE OBJ»; «Shape» (системні поля, які створюються самою системою і не можуть бути видалені і редаговані); інші поля – додаткові, які можна редагувати. Кожен рядок в атрибутивній таблиці відповідає одному об'єкту на карті, і навпаки, кожен об'єкт на карті відповідає одному рядку атрибутивної таблиці [46].

Отже, використання ГІС-засобів, в тому числі платформи *ArcGIS*, яка покращує точність та якість просторового аналізу, дає змогу комплексно вивчати та візуалізовувати потрібні для досліджень об'єкти.

РОЗДІЛ III.

ГІС-ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВОЄННИХ ДІЙ НА СУСПІЛЬНО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ЛАНДШАФТ УКРАЇНИ НА ПІДСТАВІ ДАНИХ ДЗЗ

3.1. Просторовий аналіз даних через функціональність *ArcGIS* щодо впливу воєнних дій на СГЛ на прикладі Каховської ГЕС

Сумісне використання платформи *ArcGIS* та глобального переглядача *Google Планета Земля* значною мірою розширює можливості збору, обробки та візуалізації суспільно-географічної інформації. У дослідженні додаток *Google Планета Земля* використовувався для попереднього збору даних, а у середовищі *ArcGIS* інтерфейс та функціонал програми *ArcMap* використовувались для аналізу оцифровки даних. З географічної точки зору це дає більшу точність даним.

Дослідження впливу воєнних дій на компоненти суспільно-географічного ландшафту було проведено на прикладі Каховської ГЕС. Каховська ГЕС забезпечувала річне регулювання стоку Дніпра для живлення електроенергією, зрошення та водозабезпечення засушливих районів півдня України і навігацію від Херсона до Запоріжжя (рис.3.1) [18]. 6 червня 2023 року російськими воєнними було підірвану греблю. Місткість Каховського водосховища становила приблизно 18 млрд. кубометрів [36]. Наслідки є катастрофічними і для населення, і для природного середовища областей України.

Для дослідження використовувались два знімки з супутника *Landsat 9* у форматі **TIF*. Завантаження їх відбувалося з офіційного сайту *United States Geological Survey (USGS)* – це геологічна служба США, яка є основним цивільним картографічним агентством Сполучених Штатів із 1879 року [53].

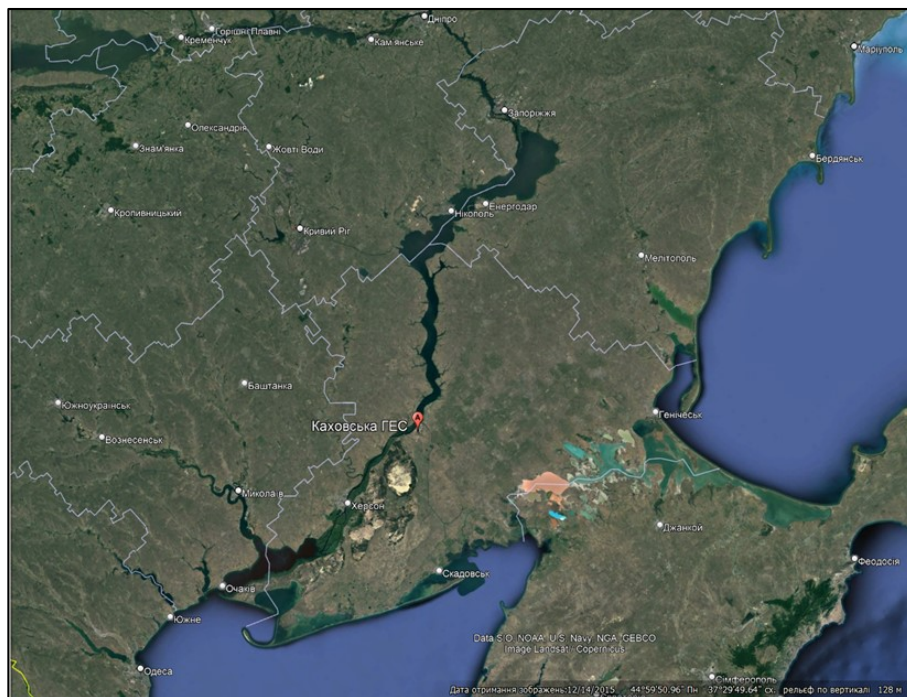


Рис.3.1. Каховська ГЕС до підризу у глобальному переглядачі *Google*
Планета Земля

При завантаженні зображення не є суцільними, а подаються окремо кожен канал. Тому, за допомогою набору інструментів *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster→Composite Bands* (рис.3.2., а) було додано всі канали. Порядок додавання каналів з супутникового знімку в *ArcMap* важливий для правильного відображення та інтерпретації зображення. Коли канали додаються по порядку, це дозволяє програмі правильно ідентифікувати та інтерпретувати кожен канал у зображенні, що є важливим для подальшого аналізу чи обробки цих даних. Таке послідовне додавання каналів забезпечує коректне представлення кольорів, характеристик та деталей, що містяться у знімку (рис.3.2., б).

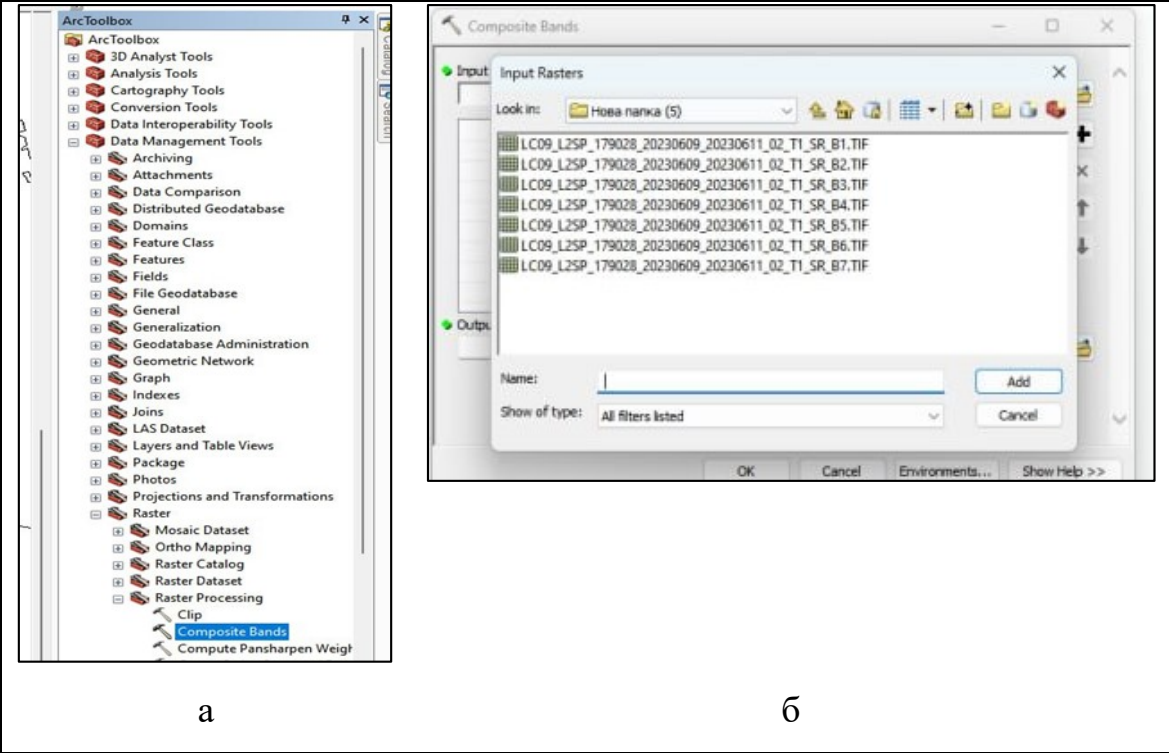


Рис. 3.2. а – Інструменти *Data Management Tools*, б - порядок додавання каналів

Оцифрування відбувалося за допомогою таких інструментів панелі *Editor* (редактор) (табл.3.1).

Таблиця 3.1

Інструменти панелі *Editor*

	- <i>Straight Segment</i> . Можна створити вершину кожного разу при натиску миші. Відрізки між вершинами прямі.
	- <i>Edit Vertices</i> . Можна переглядати, вибирати та змінювати вершини та сегменти, які складають форму редагованого об'єкту.
	- <i>Reshape Feature Tool</i> . Можна змінити форму лінії або багатокутника, побудувавши ескіз над вибраним об'єктом.

У дослідженні доцільним є оцифрування зон Каховської ГЕС (рис.3.3) та виділення прибережних населених пунктів. Гребля була розподілена на дві частини: перша – територія з якої пішла вода (шар *opystel*)(рис.3.5), друга – територія куди прийшла вода (шар *zatopleni*) (рис.3.4).

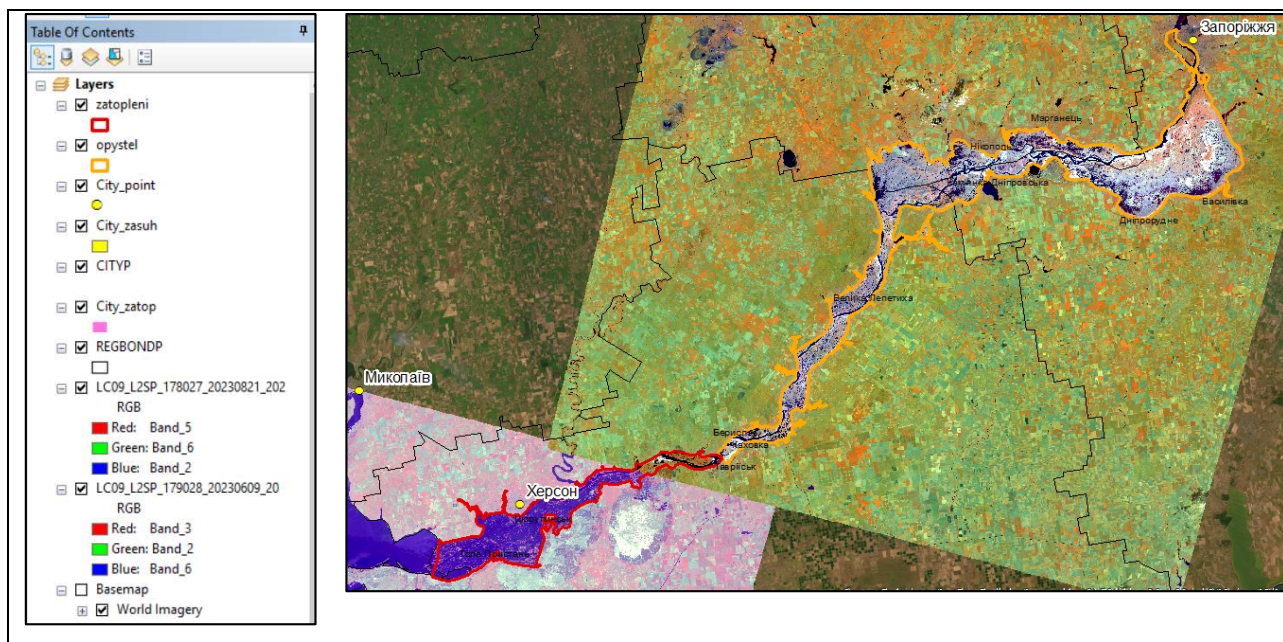


Рис.3.3. Візуалізація оцифрування двох частин Каховської ГЕС (побудовано автором у *ArcMap*)

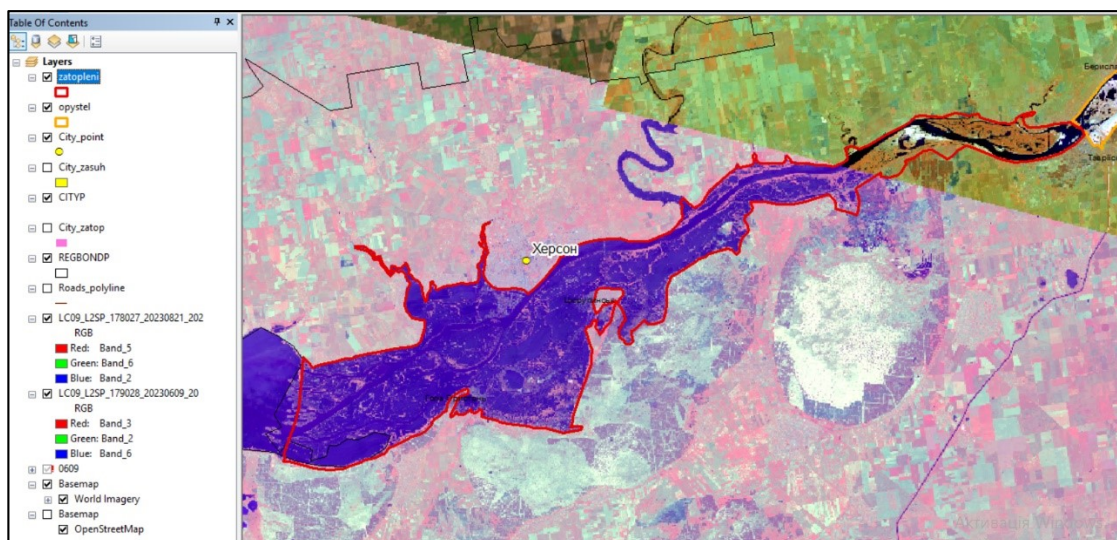


Рис.3.4. Візуалізація затопленої території Каховської ГЕС (побудовано автором у *ArcMap*)

У дослідженні дуже важливим є виокремлення прибережних населених пунктів, які постраждали. Ці пункти були поділені на 2 групи: перші – ті, що залишилися без води, другі - затоплені внаслідок катастрофи.

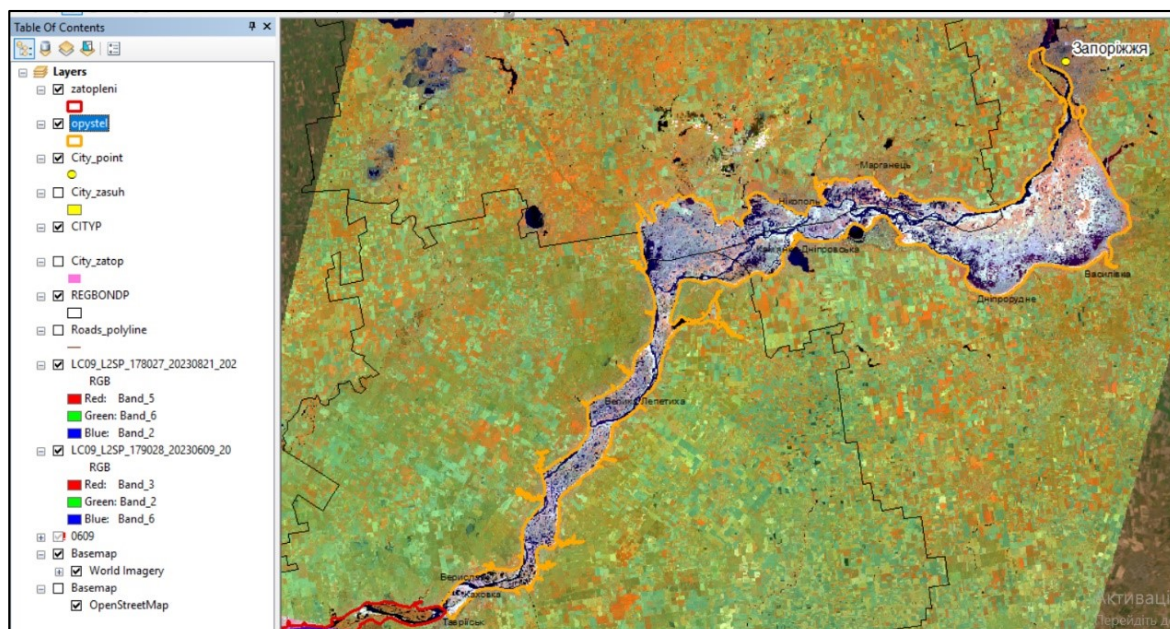


Рис.3.5. Візуалізація осушеної території Каховської ГЕС (побудовано автором у *ArcMap*)

За допомогою «*Layer Properties*» шарів населених пунктів, а саме «*City_zasuh*» (жовтий колір) та «*City_zatop*» (рожевий колір) було виділено різними кольорами для чіткішого аналізу даних (рис.3.6).

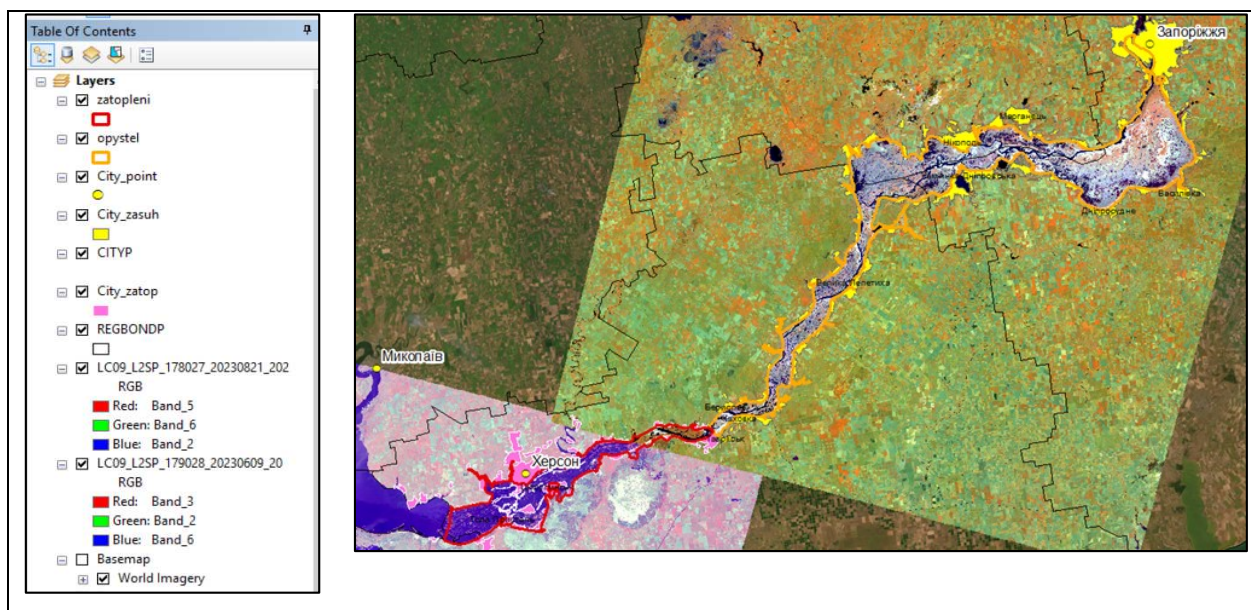


Рис. 3.6. Візуалізація прибережних населених пунктів Каховської ГЕС (побудовано автором у *ArcMap*)

Для підрахунку кількості населених пунктів використовувалась інформація з атрибутивної таблиці шарів міст. Виходячи з неї, спостерігаємо, що кількість населених пунктів, які залишилися без води становить 132 (рис.3.7). Бачимо, що без водопостачання залишилась значна частина Запорізької, Дніпропетровської, Херсонської областей. Такі найбільші міста як Нікополь, Покров, Марганець, Каховка повністю були залежні від води Каховської ГЕС. За даними видавництва Суспільне через руйнування ГЕС та обміління водосховища в м. Марганець майже три місяці була відсутня вода [6].

FID	Shape	CODE OBJ	CODE NAME	CODE N	NAME UKR	NAME RUS	NAME LAT
0	Polygon	42100000P	42100000P	1220385501	122385501	122385501	Mar'yanskoe
1	Polygon	42100000P	42100000P	1220384401	122038440	122038440	Leninskoe
2	Polygon	42100000P	42100000P	1222985505	122298550	122298550	Naberezhnoe
3	Polygon	42100000P	42100000P	1222985501	1222985501	1222985501	Pokrovskoe
4	Polygon	42100000P	42100000P	1222985502	122298550	122298550	Kapulovka
5	Polygon	43100000P	43100000P				
6	Polygon	42100000P	42100000P	1222983903	1222983903	1222983903	Alekseevka
7	Polygon	43100000P	43100000P				
8	Polygon	43100000P	43100000P				
9	Polygon	42100000P	42100000P	1222986003	12229860	12229860	Musievka
10	Polygon	42100000P	42100000P	1222986001	1222986001	1222986001	Prideprovskoe
11	Polygon	43100000P	43100000P				
12	Polygon	43100000P	43100000P				
13	Polygon	43100000P	43100000P				
14	Polygon	43100000P	43100000P				
15	Polygon	41100000P	110	1241600000	T241600	T241600	Nikopol
16	Polygon	41200000P	412000 0P	1241355400	1243554	1243554	Mar'evka
17	Polygon	43100000P	43100000P				
18	Polygon	42100000P	42100000P	1225487504	1225487	1225487	Finka
19	Polygon	41100000P	110	1241300000	124130000	124130000	Marganets
20	Polygon	41200000P	412000 0P	1222955700	1222955700	1222955700	Chervonogrigorovka
21	Polygon	42100000P	42100000P	1225487503	12254 7503	12254 503	Dobraya Nadiya
22	Polygon	42100000P	42100000P	1225487505	122548705	122548705	Novokamenka
23	Polygon	42100000P	42100000P	2324981205	*3249	*3249	Vofnoe
24	Polygon	41200000P	412000 0P	6524155100	6524155100	6524155100	Novovorontsovska
25	Polygon	43100000P	43100000P				
26	Polygon	42100000P	42100000P	6520650101	6520650	6520650	Shlyakhovoe
27	Polygon	41100000P	110	6520650100	65206501	65206501	Berislav
28	Polygon	42100000P	42100000P	6520680401	652068	652068	Veseloie
29	Polygon	43100000P	43100000P	6510770800			
30	Polygon	42100000P	42100000P	6510770801	6510770	6510770	Pivnove

Рис.3.7. Атрибутивна таблиця кількості населених пунктів, які залишилися без води

Кількість населених пунктів, що затопило становить 227. Найбільшими є міста як Херсон, Нова Каховка, Берислав, Гола Пристань, Цюрупинськ. Відбулося руйнування інфраструктури, знищення природного потенціалу, зсуви ґрунтів.

За допомогою оцифрування у *ArcMap* ми можемо підрахувати площі уражених територій і провести аналіз пошкоджених площ. На рис.3.8. можна побачити, який відсоток від усієї території України займають уражені території.

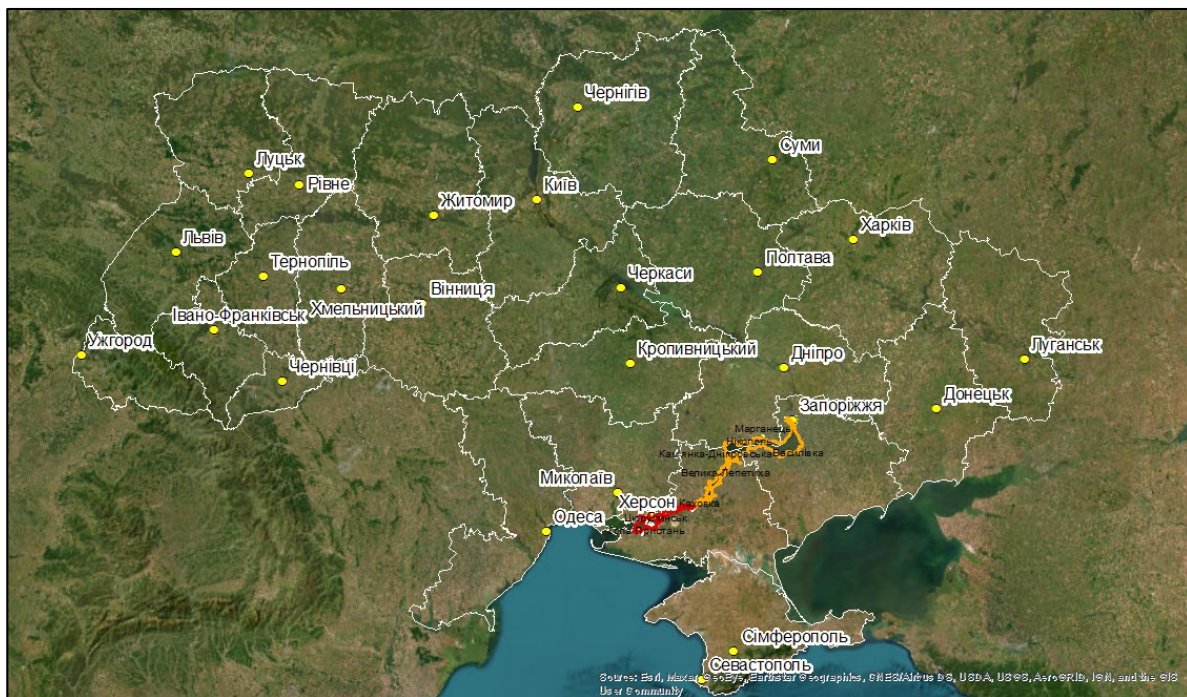


Рис.3.8. Уражені території відносно загальної території України
(побудовано автором у *ArcMap*)

Підрахувати площу ми можемо з допомогою сутності *Attribute Table* кожного шару. Обираємо шар територій, які затопило чи осушило внаслідок катастрофи, заходимо у таблицю атрибутів та клацаємо по рядку «*Id*» правою кнопкою миші і обираємо *Calculate Geometry* (рис.3.9). У результаті отримуємо значення у m^2 у полі «*Id*». Для затоплених територій площа становить 1411,977 km^2 , а для тих, що залишилися без води – 2155 km^2 .

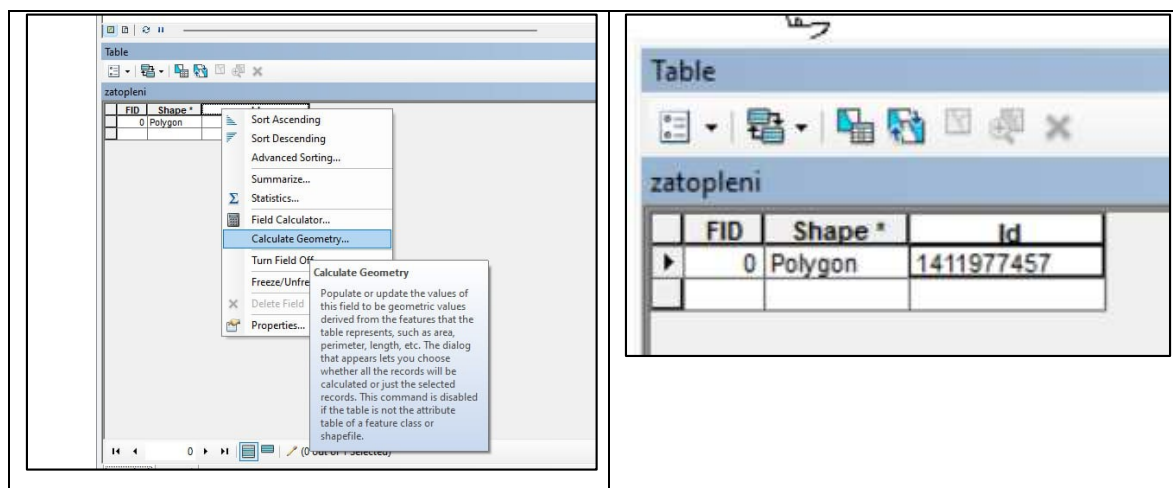


Рис.3.9. Підрахунок площі уражених територій на прикладі шару *zatopleni*

Загальна площа України становить 603 628 км², то показник затоплених територій відносно усієї України становить 0,23%, а засушених – 0,35%. Отже, порівняно з площею країни це не є відносно значними показниками.

Тим не менш, унаслідок підриву греблі Каховської ГЕС Україна втратила 35 - 40% запасів питної води, яку могла споживати протягом року [50]. Спостерігаються великі негативні наслідки, які утрудняють на цих територіях стійкий розвиток компонентів суспільно-географічного ландшафту. Наприклад, є прогнози, що основні галузі, як овочівництво та садівництво на півдні України може зникнути взагалі, сильно постраждали землі, на яких вирощували зернові та олійні культури [37]. Населення цих регіонів скоротиться, особливо аграріїв, які працювали у сфері сільського господарства та суміжних галузях.

Отже, перевагами такого просторового аналізу є чітка, достатньо детальна карта з відтвореними територіями за допомогою оцифрування. Вказані території постраждали внаслідок катастрофи. Це дозволяє оцінити та спрогнозувати подальші дії держави для нормального функціонування суспільно-географічного ландшафту.

3.2. Візуалізація пошкоджених/зруйнованих об'єктів району Північна Салтівка м.Харків з використанням ArcMap за даними Google Earth Pro та реєстру «Карта відновлення та руйнувань»

Потужним інструментом для аналізу, виявлення стану пошкодження інфраструктури, прийняття актуальних рішень для відновлення суспільно-географічного ландшафту є візуалізація. Це особливо стосується УСГЛ, приймаючи до уваги сутність міського довкілля. Візуалізація дозволяє перетворювати складну інформацію на такі наочні та зрозумілі графічні зображення, як двовимірні карти або тривимірні сцени [21].

Спільне застосування даних *Google Earth Pro* та реєстру «Карта відновлення та руйнувань» є ефективним способом для детального моніторингу

руйнувань. Реєстр «Карта відновлення та руйнувань» це проєкт «Антикорупційного штабу», який збирає інформацію про зруйновані, пошкодженні та відновленні об'єкти. Об'єкти на карті містять наступну інформацію, яка узгоджена з Генеральним штабом ЗСУ, тому є офіційно підтвердженою: координати, адреса, приблизний час відновлення, дата руйнування, вартість відновлення, фото до і після пошкодження, зображення процесу відновлення та його завершення, посилання на інформацію про організацію, яка займалася відновлювальними роботами (рис.3.10) [17].

Реєстр у дослідженні використовується як основне джерело про пошкодженні/зруйновані будинки, а застосунок *Google Earth Pro* для підтвердження і доповнення інформації з реєстру, за яким було проведено дешифрування об'єктів.

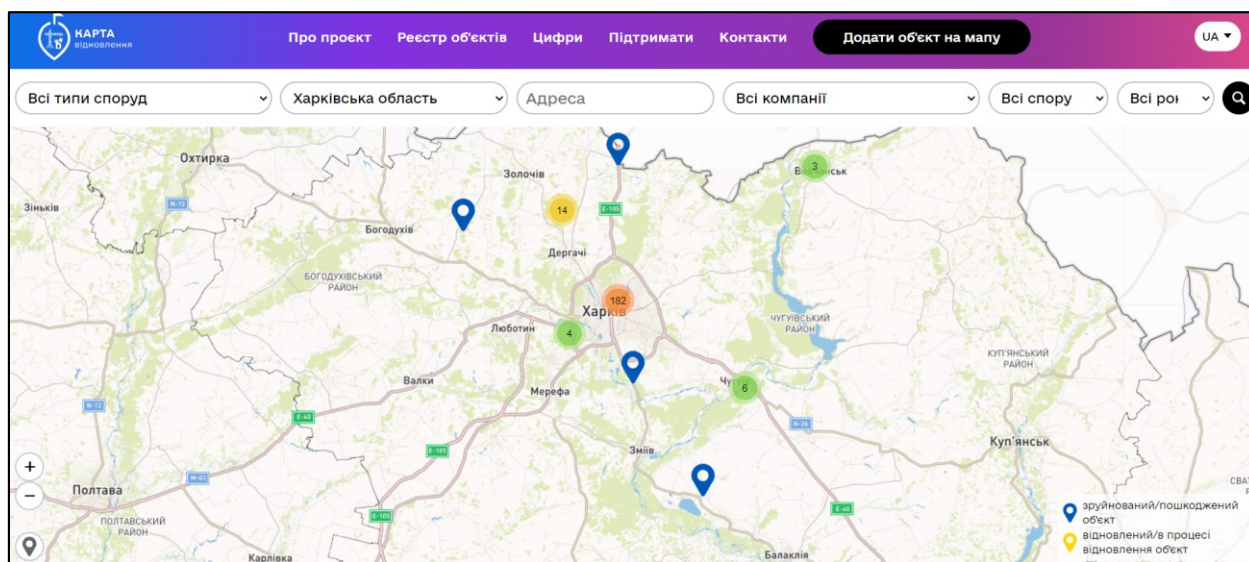


Рис.3.10. Карта Харківської області у реєстрі «Карта відновлення та руйнувань»

Для візуалізації впливу воєнних дій російської федерації на урбанізований СГЛ було взято район Північна Салтівка міста Харкова. Харків є великим науковим, промисловим, транспортним і культурним центром. Перед початком повномасштабного вторгнення друге за чисельністю місто України, де

проживало 1,4 млн. осіб. Станом на 2024 рік Харків - одне з міст, яке найбільше постраждало від війни, зазнаючи масованих обстрілів із зенітних ракетних комплексів С-300, касетних боєприпасів, реактивних систем залпового вогню «Смерч», «Ураган», дронами-камікадзе «*Shahed*» та інших. Внаслідок чого зруйновано житлові будинки, школи, лікарні, промислові та інші об'єкти інфраструктури.

На рис.3.11. та 3.12. подано карти «спального» району Північна Салтівка м. Харкова у реєстрі та з супутника. До війни тут проживало близько пів мільйона людей. У 2024 році його називають «район-привид», адже він став епіцентром боїв за місто. За даними Міноборони, масштаб руйнувань на Північній Салтівці становить 70% житлового фонду та інфраструктури району: ринок, кінотеатр, торгові центри, супермаркети, кафе.

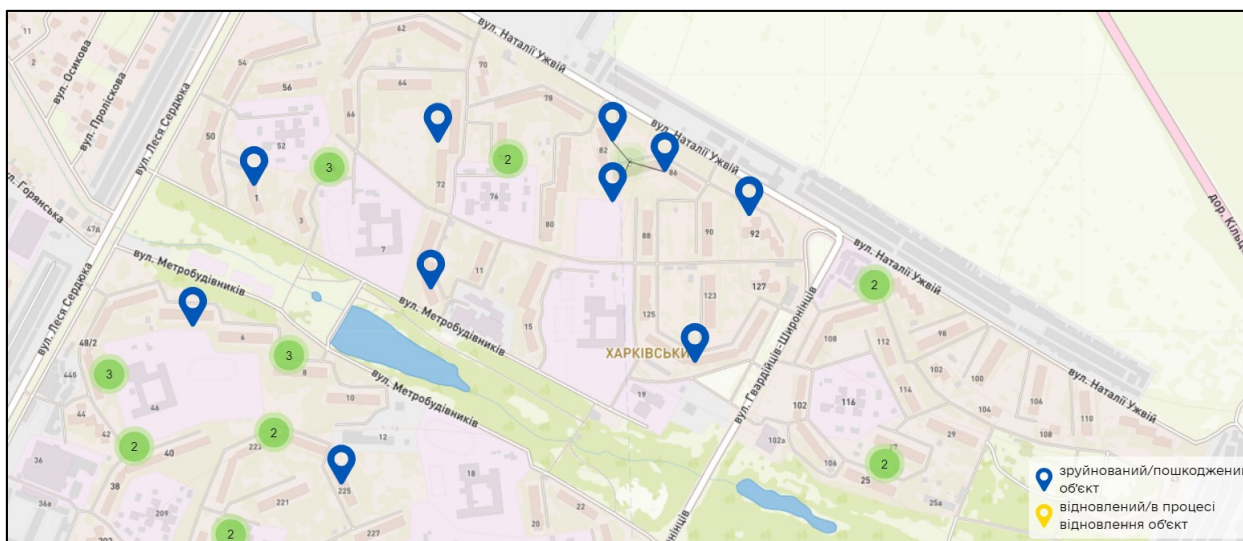


Рис.3.11. Пошкоджені/зруйновані будівлі району Північна Салтівка у реєстрі «Карта відновлення та руйнувань»

Урбанізований СГЛ мирного й воєнного часів має суттєві відмінності, які проявляються як у його структурі, так і у всіх його компонентах. Під час воєнних дій урбаністичне середовище та суспільно-географічний ландшафт піддаються значним змінами, які впливають один на одного.



Рис.3.12. Пошкоджені/зруйновані будівлі району Північна Салтівка з супутникового знімку

Урбаністичне середовище з суспільно-географічним ландшафтом тісно пов'язані й взаємодоповнюють одне одного. Їх поєднання дає можливість більш комплексно дослідити місто як сталу систему, його складні та динамічні процеси. Адже, суспільно-географічний ландшафт є ареною життєдіяльності працездатного населення, яке не зайняте у сільському господарстві і яке проживає у міському довкіллі. УС якраз й може виступати цифровою моделлю цього довкілля, забезпечуючи впровадження відповідної ГІС-функціональності. Тому для порівняння автор виділяє наступні елементи: інфраструктура, екологічний стан, соціальні фактори проживання населення та функціонування економіки країни (табл.3.2) [44].

Таблиця 3.2

Порівняння стану суспільно-географічного ландшафту у межах урбаністичного середовища у мирний та воєнний часи

(побудовано автором)

	<i>Мирний час</i>	<i>Воєнний час</i>
<i>Інфраструктура</i>	Розвиток інфраструктури і євроінтеграція забудов, що сприяє впровадженню кращих європейських стандартів. Підтримка існуючих та побудова нових транспортно-логістичних систем сполучення.	Руйнування житлових комплексів, медичних, культурних та навчальних закладів, транспортних сполучень. Нemoжливий або частковий процес розбудови через прильоти снарядів.
<i>Екологічний стан</i>	Діяльність низки природоохоронних заходів, збільшення витрат, які допомагають покращувати стан навколишнього середовища.	Зростання екологічних проблем через забруднення повітря, водних та земельних ділянок через викиди токсичних речовин від снарядів. Порушення та зміна рельєфу внаслідок обстрілів.
<i>Соціальні фактори</i>	Спокійне життя населення у своїх містах, вільне переміщення по країні та за її межами для всіх жителів. Повноцінне соціальне життя, наприклад, навчання учнів шкіл та студентів у офлайн форматі. Відчуття безпеки, стійкості, можливість планування майбутнього.	Масові міграційні процеси працездатного населення, дітей та жінок у більш безпечні місця чи країни, що призводить до демографічних змін у структурі населення. Поширюється тенденція збільшення безробіття, злочинності та бідності. Підвищена небезпека власному життю та відсутність безпечного місця проживання.
<i>Функціонування економіки</i>	Розвиток видів промислової продукції, яка складає основу для експортного потенціалу. Тенденція скорочення рівня безробіття, збільшення виробництва продукції, активна співпраця з іноземним інвесторами.	Перехід економіки на воєнні рейки: переорієнтування на потреби оборони країни, пріоритетність на військове виробництво, імпорт продукції для воєнних цілей. Відступ від заходів сталого розвитку міст, які було розроблено. Введення комендантської години, задля безпеки населення та підтримання громадської дисципліни. Території, які окуповано або ті, які кожен день зазнають масових обстрілів, є неможливими для використання під потреби населення.

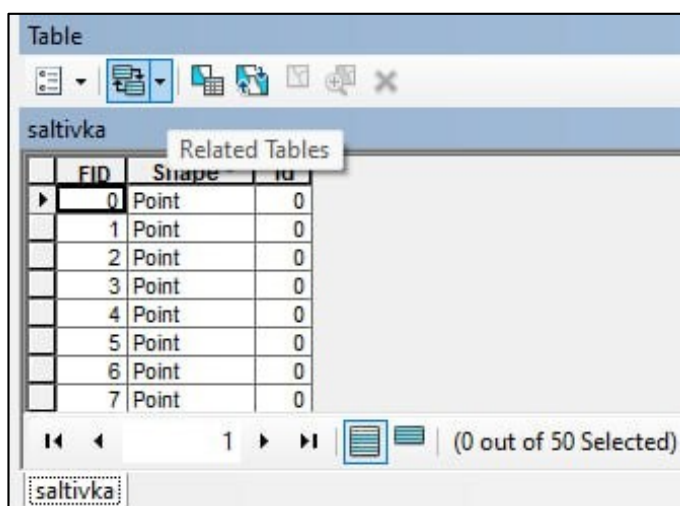
Опираючись у даному дослідженні на фактори соціального проживання населення, за відкритими даними з реєстру «Карта відновлення та руйнувань» автором було підраховано загальну кількість житлових будинків у районі Північна Салтівка - 148 одиниць. На рис.3.13. позначено пошкоджена/зруйнована житлова інфраструктура, що включає у себе багатоповерхівки, приватні будинки, гуртожитки.



Рис. 3.13. Картосхема пошкоджених/зруйнованих житлових будинків району Північна Салтівка міста Харкова
(побудовано автором за даними *Google Earth Pro*)

Таким чином, у даному екстенті геопростору, що відповідає території на рис. 3.13 можна виокремити урбанізований СГЛ, який був підданий мілітарному імпаку.

З атрибутивної таблиці видно, що кількість пошкодженої/зруйнованої житлової інфраструктури району становить 50 штук (рис.3.14.). Тобто, масштаби руйнувань суто житлових будівель становить 34%. З таким відсотком спостерігаються негативні показники стосовно можливостей населення мирно проживати у даному районі, а також покращення та розбудови інфраструктури через постійні обстріли.



FID	Shape	ID
0	Point	0
1	Point	0
2	Point	0
3	Point	0
4	Point	0
5	Point	0
6	Point	0
7	Point	0

Рис.3.14. Атрибутивна таблиця шару з відміченими пошкодженими/зруйнованими будівлями

Аналіз похідних даних, візуалізованих з використанням *ArcMap* за інформацією, отриманою із *Google Earth Pro* та реєстру щодо пошкоджених/зруйнованих об'єктів на території Північної Салтівки м. Харкова дозволяють зробити ряд висновків. Наочно карта загалом підтверджує попередньо вказану статистику руйнувань. Бачимо, що найбільше пошкоджень зазнали об'єкти житлової інфраструктури, які знаходяться по межі даного району. Саме вони зазнали первинного імпаку з боку військових російської федерації.

Отже, результатом такої візуалізації є карта з дешифруванням даних з супутникового знімку і у подальшому поєднанні з інформацією реєстру «Карта відновлення та руйнувань», що передає масштаби руйнувань об'єктів інфраструктури. Ситуація в Україні має досить багато ознак для демографічної катастрофи, для якої є всі необхідні складові: надлишок пов'язаних з війною смертей, зростання еміграції та біженців, зменшення народжуваності, ймовірні втрати території та територій, які придатні для життя [11]. Тому, виникають у територіальні, економічні, демографічні, екологічні диспропорції (наприклад, переміщення виробництв і людей на Захід України, однак екологічна ємність західних областей дуже низька) [45]. Проведення таких аналізів допомагає організовувати ефективну систему моніторингу і соціуму, і стану природного середовища.

3.3. Візуалізація пошкоджень НПП «Святі гори» Донецької області з використанням даних програми «EO Browser»

У ході дослідження впливу воєнних дій на суспільно-географічний ландшафт можна також розглянути національний природний парк - «Святі гори», що розташований у Донецькій області та був на 95% деокупований 12 жовтня 2022 року. Активні бойові дії, які тривали у межах НПП з березня 2022 року, знищили парк на 80%. Це і цивільна інфраструктура, і транспортні засоби. Значних втрат зазнала природа: вигорілі ліси, на місці яких тепер спалена чорна земля, побитий ґрунтовий покрив, знищене унікальне біорізноманіття. Територія залишається вкритою вибухонебезпечними боєприпасами, що несуть велику загрозу населенню і тваринам, які там проживають і можуть отримати травми через вибухи мін [16, 7].

Головним фактором нанесення екозлочинів були пожежі, які не гасили. Тому, близько 5 тис. га лісів, що склали 70% соснових насаджень, було знищено [28]. Проблема пожеж лісових насаджень в Україні була актуальною і до

повномасштабного вторгнення. Однією з причин є те, що третина від 18,5% усієї площі лісів складається з легкозаймистих сосен. Статистика за 2020-2022 роки підтверджує той факт, що в Україні згоріла більша площа землі, ніж у всіх країнах Європейського Союзу [8].

Для наочного подання інформації дослідження використовується «*EO Browser*» - потужний інструмент для аналізу та візуалізації супутникових даних, що застосовуються у різних сферах: моніторинг навколишнього середовища, реагування на катастрофи, оцінка сільського господарства, зростання міст, вирубки лісів та фіксація пожеж. Користувачам надається доступ до супутникових зображень з високою роздільною здатністю з таких джерел, як *Sentinel-1*, *Sentinel-2* та *Landsat* (рис.3.15, а). «*EO Browser*» забезпечує кастомізовану візуалізацію з використанням різних комбінацій спектрів та індексів (рис.3.15, б). Даний інструмент дозволяє проводити детальний статистичний аналіз, створювати та корегувати власні сцени, зберігати окремі ділянки, ділитися ними та отримувати доступ до комерційних даних для детального вивчення [51].

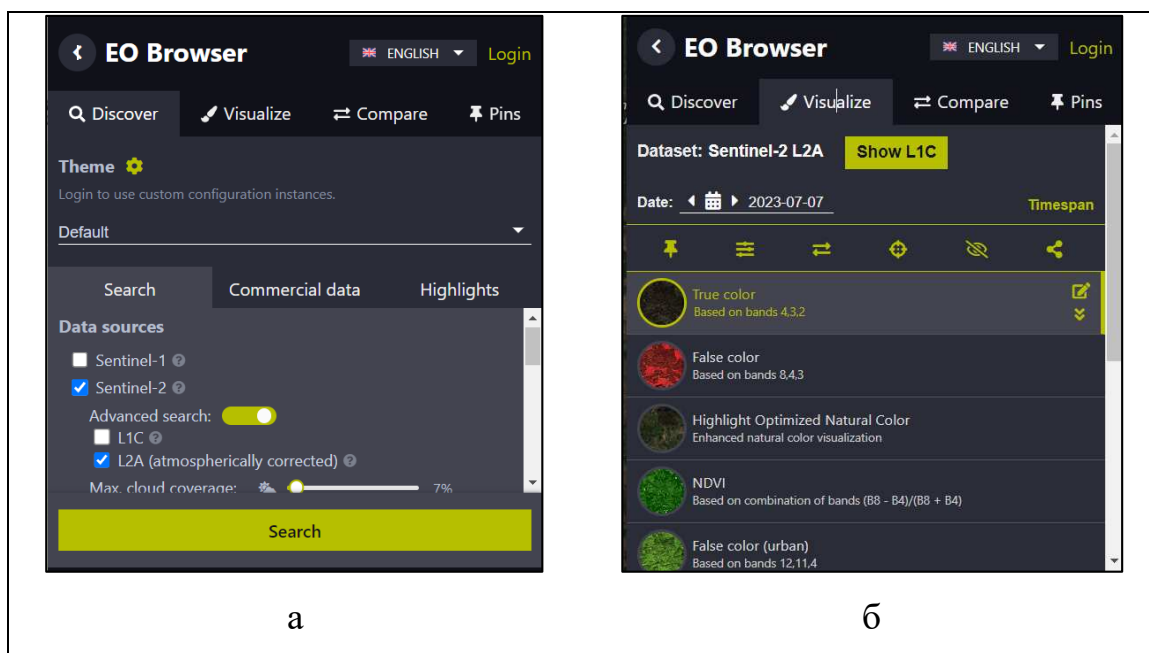


Рис.3.15. Меню вибору супутників (а) та комбінацій спектрів та індексів (б) у «*EO Browser*»

Для дослідження НПП «Святі гори» використовуються три знімки 2021, 2022 та 2023 років з супутника *Sentinel-2*. Вибрані роки чітко демонструють зміни у суспільно-географічному ландшафті, порівнюючи періоди до війни, на початку вторгнення та після звільнення території.

Проводячи дослідження доцільно зіставити знімки у наступному вигляді: 2021 - 2022 роки та 2022 - 2023 роки. Супутникові зображення зроблені у вегетаційний період рослинності, а саме липень. Це дає можливість якісно оцінити територію, яка постраждала і не відновлюється або відновлюється повільно. Для відображення стану рослинного покриву використовується індекс *NDVI* (*Normalized Difference Vegetation Index*). У ДЗЗ його застосування є різноманітним: визначати пожежонебезпечні зони, посухи, робити кількісну оцінку лісового фонду та посівів. Тобто, індекс *NDVI* є показником дистанційної оцінювання стану здоров'я рослинності, який базується на відбивній здатності рослин у певних спектральних діапазонах (деякі довжини хвиль поглинаються, інші відбиваються) [3].

На зображенні у 2021 році видно ділянки з насиченим темно-зеленим кольором, які мають невелику кількість світлих плям, що свідчить про цілісність, густоту та якість рослинного покриву даної частини парку. Аналізуючи довоєнну геометрію плям, бачимо чіткі фігури, які є наслідком вирубки лісів. На знімках вони виділені рожевим кольором (рис.3.16., а).

У 2022 році зображення кардинально змінюється. З'являється велика кількість світлих плям на темно-зеленому фоні, що вказує на погіршення рослинного покриву на цих ділянках. У зв'язку з воєнними діями, які проходили поблизу та безпосередньо на території дослідження, виникала велика кількість неконтрольованих пожеж, які масово знищували здорову рослинність. Важливим фактором швидкості поширення пожеж є те, що більша частина лісів в НПП «Святі гори» є хвойними, що підвищує рівень небезпеки [4].

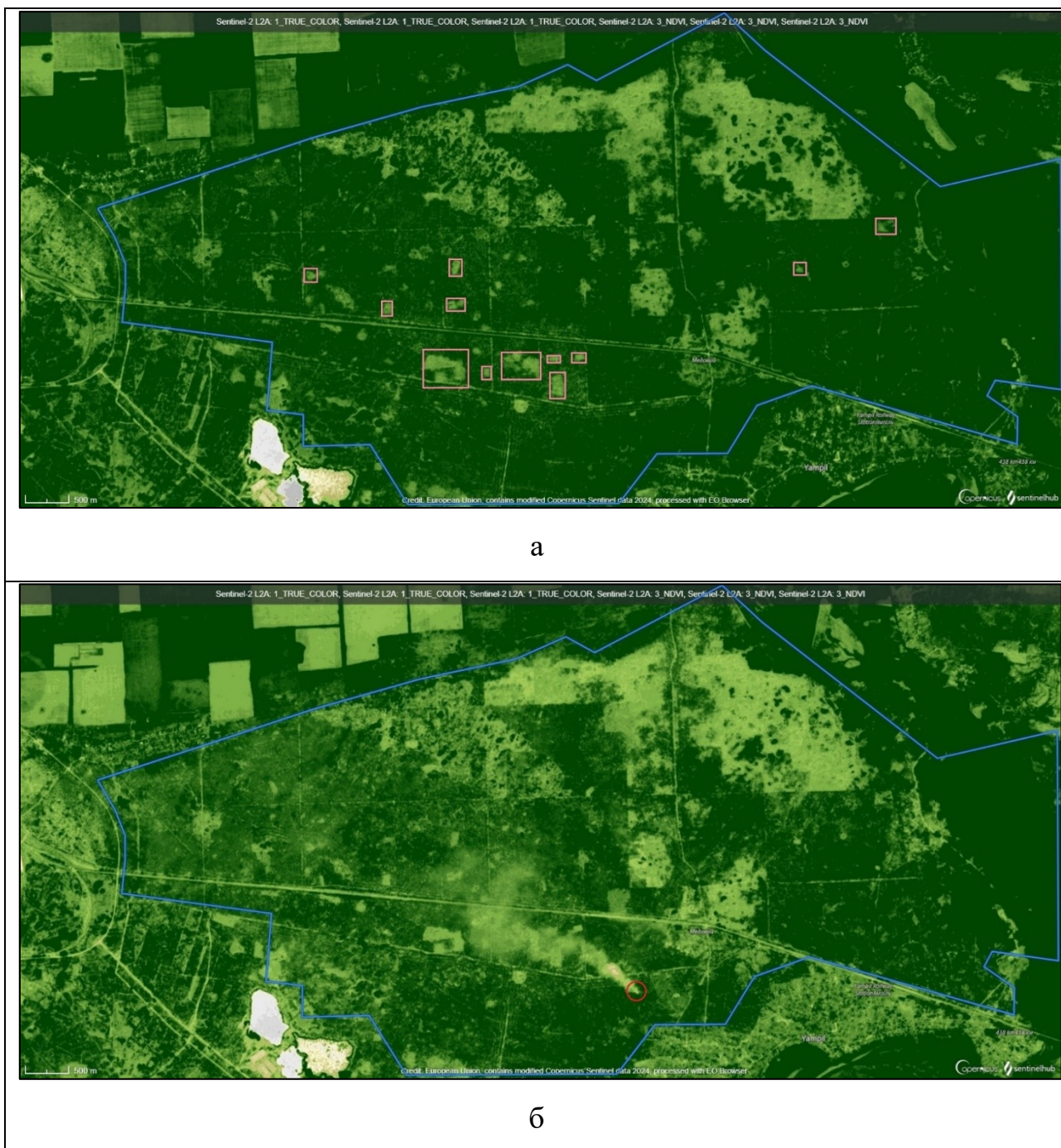


Рис.3.16. Частина НПП «Святі гори» у індексі $NDVI$ у 2021 (а) і 2022 (б) роках

Застосування індексу $NDVI$ дало можливість чітко показати рівень знищення лісів на досліджуваній ділянці, а знімки з супутника *Sentinel-2* мають достатню роздільну здатність для ідентифікації осередків займань. На зображенні рис.3.16., б бачимо приклад займання пожежі, який виділено червоним кольором.

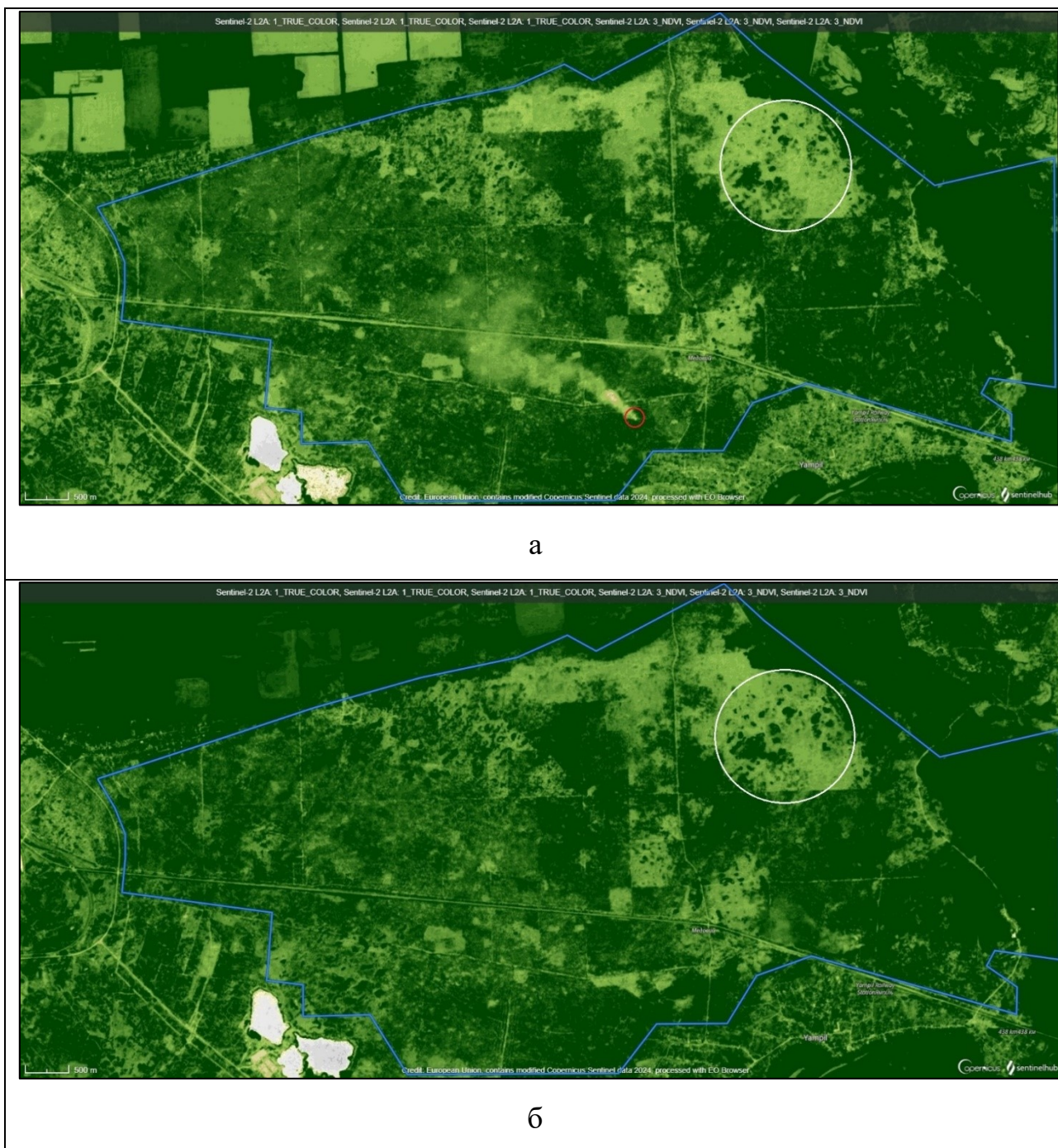


Рис.3.17. Частина НПП «Святі гори» у індексі *NDVI* у 2022 (а) та 2023 (б) роках

На знімку 2023 року видно два типи ділянок: ті, що стали світло зеленими і ті, що починають відновлюватися (позначено білим кольором контуру)(рис.3.17, б). Це період зменшення активності бойових дій на даній території парку, але загроза обстрілів зберігається, внаслідок яких виникають

пожежі, адже лінія фронту знаходиться за 11 км. Однак, природні процеси відновлення вже почали проявлятися. Вони залежать від самого ступеня пошкодження ґрунтового покриву, залишкового забрудненням, включаючи залишки військової техніки, боєприпасів, оборонних споруд та важких металів, які погіршують ріст рослинності, що прямо впливає на швидкість і можливість відновлення.

Отже, в результаті дослідження частини території НПП «Святі гори» у «*EO Browser*» з супутнику *Sentinel-2* було порівняно часові відрізки до та після активних бойових дій, що завдали значної шкоди природним екосистемам. Перевагами такого дослідження є охоплення масштабів, детальне вивчення місць, які отримали негативний вплив на природні екосистеми та суспільно-географічний ландшафт. Наслідки цього відчуватимуться і у довгостроковій перспективі, потребуючи значних зусиль для відновлення. Комплексний підхід, розробка подібних досліджень є необхідним для подолання наслідків війни та забезпечення стійкого розвитку для постраждалих регіонів.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було розглянуте теоретичне підґрунтя дослідження процесу впливу воєнних дій на функціонування та розвиток суспільно-географічного ландшафту і оцінені певні відповідні прикладні аспекти, які можуть бути реалізовані за допомогою програмного забезпечення *Google Планета Земля* та ГІС-платформи *ArcGIS*. Проведена нами дослідницька робота дозволяє зробити такі висновки:

1. Нами було розкрито зміст наукової категорії «суспільно-географічний ландшафт» (СГЛ), а також виділено властивості формування, функціонування, динаміку та аспекти розвитку СГЛ. Описано позитивні та негативні аспекти впливу ключових факторів формування й функціонування СГЛ, а саме - суспільства та природного середовища.

2. Вперше запропоноване поняття «урбанізований суспільно-географічний ландшафт», яке, на нашу думку, може подавати ту частину аналогового (фізичного) міського довкілля, що може бути стало змодельована цифровим урбаністичним середовищем.

3. Проаналізовано вплив воєнних дій на СГЛ через розгляд окремих прикладів у різних аспектах такого мілітарного імпаку: бомбардування ракетами, артснарядями, авіабомбами, мінування території через використання вибухонебезпечних речовин, підриви нафтоскладів і складів з боєприпасами, підриви енергетичної інфраструктури, пожежі та тактика спаленої землі.

4. Підтверджено, що у процесі дослідження СГЛ найбільш ефективними є різноманітні ГІС-засоби, які дозволяють отримати актуальну інформацію для проведення аналізу, оцінки та обґрунтування стратегічних рішень. Ці рішення спрямовані на формування сприятливого середовища проживання та життєдіяльності населення в межах суспільно-географічного ландшафту, а також збереження природного середовища та забезпечення його сталого розвитку. У роботі доводиться, що для дослідження СГЛ ефективним є застосування *Google Планета Земля*, ДЗЗ та *ArcGIS*.

5. У результаті просторового аналізу та візуалізації даних щодо впливу воєнних дій на СГЛ, а саме на міста України на прикладі катастрофи Каховської ГЕС було виділено прибережні населенні пункти, які постраждали внаслідок підриву, визначено площі ураження для територій, які залишилися без води та для територій, які затопило та порівняно їх у відсотковому відношенні до загальної території України.

6. У певному міському районі Харкова виокремлювався УСГЛ, який був підданий мілітарному імпаку. У результаті візуалізації пошкоджених/зруйнованих житлових об'єктів району Північна Салтівка м.Харкова було вираховано загальну кількість житлових будинків із джерел у відкритому доступі та визначено відсоток пошкоджених будинків району, що передає реальні масштаби руйнувань, що є важливим для планування ревіталізації.

7. Здійснивши візуалізацію супутникових знімків частини НПП «Святі гори», що знаходиться у Донецькій області, було окреслено ділянки різних періодів, а саме 2021, 2022 та 2023 років у «*EO Browser*», що дозволило отримати детальні візуалізації змін в екосистемі парку за періоди до війни, під час активних бойових дій та після деокупації території. У ході дослідження було виділено декілька частин території у різних станах: зі знищеним рослинним покривом, з уже відновлювальною територією та територією, яка зазнає впливу воєнних дій. За допомогою «*EO Browser*» наочно було виділено наслідки пожеж у межах СГЛ.

8. Таким чином, у даній роботі було доведено надзвичайну актуальність й доцільність досліджень впливу воєнних дій на суспільно-географічні ландшафти України на прикладах різних територій, що зазнали такого мілітарного імпаку. У подальших дослідженнях необхідно застосовувати різні запропоновані сценарії для того, щоб раціонально розбудувати територію України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Безпека. Атомна енергетика в Україні і Світі. URL: <https://atom.org.ua/bezpeka>
2. Бережний В.А., Костріков С.В. Робота в середовищі ГІС-платформи ArcGIS: комп'ютерний практикум /В.А. Бережний, С.В. Костріков. – Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2015. - 80 с.
3. Вегетаційний індекс NDVI: Формула та Використання. EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/uk/make-an-analysis/ndvi/>
4. Випалені ліси та важкі метали у ґрунті. Як бойові дії руйнують заповідники Донеччини. Вільне Радіо. URL: <https://freeradio.com.ua/vypaleni-lisy-ta-vazhki-metaly-u-grunti-iak-boiovi-dii-ruiniut-zapovidnyky-donechchyny/>
5. Війна має свої закони та звичаї. Проте Росія порушує майже кожен з них. Заборона. URL: <https://zaborona.com/vijna-maye-svoyi-zakony-ta-zvychai-prote-rosiya-porushuye-majzhe-kozhen-z-nyh-rozbir-zaborony/>
6. Вода вже є, але запаси не витрачаю". Яка ситуація з водопостачанням у Марганці через три місяці після вибуху на ГЕС. Суспільне Новини. URL: <https://suspilne.media/559027-voda-vze-e-ale-zapasi-ne-vitracau-aka-situacia-z-vodopostacannam-u-marganci-cerez-tri-misaci-pisla-vibuhu-na-ges/>
7. Вплив воєнних дій на дику природу України – Ukraine War Environmental Consequences Work Group. Ukraine War Environmental Consequences Work Group – Seeking solutions through information sharing about the environmental impacts of the war. UWEC Work Group. URL: <https://uwecworkgroup.info/uk/impact-of-military-action-on-ukraines-wild-nature/>
8. В Україні через війну різко зросла кількість лісових пожеж, – дослідження. Texty.org.ua - статті та журналістика даних для людей – Тексти.org.ua. URL: <https://texty.org.ua/fragments/110368/v-ukrayini-cherez-vijnu-rizko-zrosla-kilkist-lisovyh-pozhezh-doslidzhennya/>
9. Географічні карти та картографічний метод дослідження (1 том - Географічні карти) (2 том — Картографічний метод дослідження) / Т. В. Дудун, С. В. Тітова.// упоряд. С. В. Тітова. – К., 2017. – 150 с.
10. Геоінформаційні технології в екології : Навчальний посібник / Пітак І.В., Негадайлов А.А., Масікевич Ю.Г., Пляцук Л.Д., Шапорев В.П., Моїсєєв В.Ф./– Чернівці:, 2012.– 273с.
11. Гірше за Голодомор: через вторгнення РФ Україна може втратити до 33% відсотків населення – дослідження NoBrainerData. Прямий. URL: <https://prm.ua/hirshe-za-holodomor-cherez-vtorhnennia-rf-ukraina-vtratyt-do-33-vidsotkiv-naselennia-doslidzhennia-nobrainerdta/>

12. Дайджест. Армія INFORM. URL: https://armyinform.com.ua/wp-content/uploads/2023/10/magazine_21-2023-site-2.pdf
13. Дистанційне зондування Землі як науковий напрям: історія та значення в сучасному світі. Сторінки - Домашня сторінка. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=3392>
14. Дмитрів О. П. (2015) Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни “Геоінформаційні системи” студентами спеціальності 7.09010102 «Агрохімія і ґрунтознавство» денної та заочної форм навчання.
15. Донченко М. В. Геоінформаційні системи: навчальний посібник / М. В. Донченко, І. І. Коваленко. – Миколаїв: Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. – 132 с.
16. Загиблі співробітники та знищене майно. Як пережив окупацію нацпарк «Святі Гори» - Природно-заповідний фонд України. Природно-заповідний фонд України. URL: <https://wownature.in.ua/zahybli-spivrobotnyky-ta-znyshchene-mayno-yak-perezhyv-okupatsiiu-natspark-sviati-hory/>
17. Карта Відновлення та Руйнувань. Карта Відновлення та Руйнувань. URL: <https://reukraine.shtab.net/about>
18. Каховська ГЕС імені П.С.Непорожнього | Укргідроенерго. URL: https://uhe.gov.ua/filiyi/kakhovska_hes_imeni_p_s_neporozhnoho
19. Конспект лекцій з дисципліни «Основи геоінформаційних систем» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою зі спеціальності «101 Екологія» для очної і заочної форм навчання. Модуль 2. – Укладач Непошивайленко Н.О. - Кам'янське: ДДТУ, 2018. - 97 с.
20. Костріков С.В. Програмне забезпечення ГІС для LiDAR–технології дистанційного зондування в цілях аналізу урбогеосистем / С.В. Костріков, Д.Л. Кулаков, К.Ю. Сегіда // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. – 2014. – Вип. 19. – С. 45–52.
21. Костріков С.В., Серьогін Д.С., Бережний В.А. Візуальний аналіз урбаністичного середовища як складова урбогеосистемного підходу // Часопис соціально-економічної географії. – Том. 30 (2021) - Харків: Видавництво ХНУ, 2021. – С. 7-23.
22. Костріков С.В. Спеціалізоване програмне забезпечення ГІС для аналізу урбогеосистем// Регіон – 2016: стратегія оптимального розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Харків, 2016. – С. 23-26.

23. Крижановський Є.М. Геоінформаційні системи в екології –навчальний посібник / під ред. Є.М. Крижановського. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 192 с.
24. Мележик О. Космос –Україні (інтерв'ю з академіком НАН України В. І. Ляльком). // Вісник НАН України. – 2014. – № 12. – С. 58–61
25. Методичні вказівки до вивчення дисципліни «Основи геоінформатики» для студентів освітніх напрямів: 6.090106 – Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування; 6.090103 – Лісове і садово-паркове господарство; 6.090101 – Агрономія, спеціальність 8.09010104 – Плодівництво і виноградарство. –Умань, УНУС, 2013. – 103 с.
26. Методичні вказівки до виконання розрахунково - графічної роботи «Камеральне дешифрування аерофотознімків» студентам напряму 6.08.0101 „Геодезія, картографія та землеустрій” з навчальної дисципліни“ Фотограмметрія та дистанційне зондування ” / Л. М.Чудовець, Рівне: НУВГП, 2013 – 20с.
27. Методичні вказівки до лабораторних занять з дисципліни “Геоінформаційні системи і технології в екології” – ч. 1. «ГІС та GPS програмне забезпечення. Основи роботи з ArcMap, ArcCatalog та ArcToolbox. Оцифровування карт та редагування» / Дніпропетровський державний аграрний університет – Дніпропетровськ. 2012. – 32 с.
28. Національний парк “Святі гори” росіяни знищили майже на 80%. Новинарня – новини України, що воює. URL: <https://novynarnia.com/2023/01/19/naczionalnyj-park-svyati-gory/>
29. Нікітченко І.В., Прокопенко Н.Ю., Шведчикова І.О. Вплив військових конфліктів на навколишнє середовище та екологію [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://core.ac.uk/reader/84593128>
30. Обстріли та пожежі в містах: які наслідки для міського довкілля та як з ними боротися? URL: <https://rubryka.com/article/shelling-and-fires-in-cities/>
31. Овсяний К. До і після. Наслідки повномасштабної війни для екології України. Погляд з супутника. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/skhemy-ekolohiya-viyna/32284610.html>
32. Основи дистанційного зондування Землі : історія та практичне застосування : навч. посіб. / С. О. Довгий, В. І. Лялько, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма, О. В. Томченко, Л. Я. Юрків. — К. : Інститут обдарованої дитини НАПН України, 2019. — 316 с.
33. Перша крилата ракета Fi-103 «Фау-1». Militarnyi. URL: <https://mil.in.ua/uk/articles/persha-krylata-raketa-fi-103-fau-1/>.
34. Перша світова: війна нових технологій - BBC News Україна. BBC News Україна. URL:

- https://www.bbc.com/ukrainian/science/2014/07/140729_ww1_new_weapons_ug
35. Петренко О.Я. Географічний та просторовий аналіз даних засобами ArcGIS: Навчальний посібник. / О.Я. Петренко – К. ПІДО, 2017. – 96 с.
 36. Підрив Каховської ГЕС: загрози та економічні наслідки. finance.ua. URL: <https://finance.ua/ua/goodtoknow/pidryv-kahovskoi-ges>
 37. Підрив Каховської ГЕС: трагедія, яка змінить сільське господарство півдня та всієї України. Укрінформ - актуальні новини України та світу. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3721075-pidriv-kahovskoi-ges-tragedia-aka-zminit-silске-gospodarstvo-pivdna-ta-vsiei-ukraini.html>
 38. Пожежі в лісах і збитки завдані ними внаслідок воєнних дій | Лісівник. Лісівник | Найкраще в мережі про ліс, лісове господарство України. URL: <https://www.forester.org.ua/pozhezhi-v-lisah-i-zbytky-zavdani-nymy-vnaslidok-voyennyh-dij/>
 39. Попович О.В. Геоінформаційне картографування та моделювання для дослідження еволюції географічного ландшафту від природного до антропогенного / О.В. Попович, С.В. Костріков // Регіон – 2017: Суспільно-географічні аспекти: Матеріали міжнародної науково–практичної конференції. – Харків, 2017. – С. 55-58.
 40. Попович О.В. Щодо поняття суспільно-географічного ландшафту / О.В. Попович, С.В. Костріков // Регіон – 2018: Суспільно-географічні аспекти: Матеріали міжнародної науково–практичної конференції. – Харків, 2018. – С.
 41. РФ застосувала проти України понад 200 видів забороненої зброї – NYT. Новини України - останні новини України сьогодні - УНІАН. URL: <https://www.unian.ua/war/rf-zastosuvala-proti-ukrajini-ponad-200-vidiv-zaboronenoji-zbroji-nyt-novini-vtorgnennya-rosiji-v-ukrajinu-11872083.html>
 42. Саржанов О.А. Геоінформаційні системи. Конспект лекцій / О.А. Саржанов. – Суми: Вид-во СНАУ: 2012 – 117 с.
 43. Світличний, О.О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: Навчальний посібник / За заг. ред.О.О. Світличного. - Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. - 295 с. URL: <https://ktpu.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/02/Svitlichnij-O.O.-Plotnitskij-S.V.-Osnovi-geoinformatiki.pdf>
 44. Симоненко І.В., Костріков С.В. Урбаністичне середовище й суспільно-географічний ландшафт воєнного часу (на прикладі м. Харків) // Регіон – 2024: суспільно-географічні аспекти: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Харків, 4 квітня 2024 р., у друці)
 45. Соціальні й демографічні наслідки російської агресії проти України. Сторінки - Домашня сторінка. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/Pages/View.aspx?MessageID=9716>

46. Створення електронної карти з ArcMap 10.2. Географія. URL: https://geoknigi.com/book_view.php?id=1459
47. Туди прийшов «руський мир»: які міста України були повністю або частково зруйновані під час війни. Слово і Діло. URL: <https://www.slovoidilo.ua/2023/02/03/infografika/suspilstvo/tudy-pryshov-ruskyj-myr-yaki-mista-ukrayiny-buly-povnistyu-abo-chastkovo-zrujnovani-vijny>
48. Українська правда. Мільйон диких орхідей та вирій для птахів. Що війна робить із Кінбурнською косою. Українська правда. URL: <https://www.pravda.com.ua/articles/2023/01/15/7383288/>
49. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем: навч. посібник /В. Д. Шипулін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 313 с.
50. Які регіони України залишаються без води через підлив Каховської ГЕС - BBC News Україна. BBC News Україна. URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/articles/ckmlrzgj8g0o>
51. EO Browser. Sentinel Hub. URL: <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>
52. Google планета земля – вікі ЦДУ. Вікі ЦДУ. URL: https://wiki.cuspu.edu.ua/index.php/Google_Планета_Земля
53. How do I find, download, or order topographic maps? | U.S. Geological Survey. USGS.gov | Science for a changing world. URL: <https://www.usgs.gov/faqs/how-do-i-find-download-or-order-topographic-maps>
54. KML tutorial | keyhole markup language | google for developers. Google for Developers. URL: https://developers.google.com/kml/documentation/kml_tut
55. Kogut P. D. P. Landsat 8 Bands: Combination For Different Satellite Images. EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/blog/band-combinations-for-landsat-8/>
56. Kreta, D., Klymenko, V., & Anpilova, Y. (2018). Засоби ДЗЗ та ГІС для просторового аналізу якості поверхневих вод та забруднення ґрунтів. Екологічна безпека та природокористування, 28(4), 120–127. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2018.4.120-127>
57. Landsat 8 and Landsat 9 / G. Gross et al. Encyclopedia MDPI | Scholarly Community. URL: <https://encyclopedia.pub/entry/23616>
58. Prostobank Consulting. Google Earth (планета Земля): установка, можливості програми. Рейтинги банківських послуг України: порівняння депозитів, кредитів, кредитних карток та інших продуктів, новини банків на Bankchart.com.ua. URL: https://bankchart.com.ua/finansoviy_gid/groshi_rodini/statti/znayomtesya_goo gle_earth_putivnik_dlya_pochatkivtsiv#1

59. Sentinel-2: Satellite Imagery, Overview, And Characteristics. EOS Data Analytics. URL: <https://eos.com/find-satellite/sentinel-2/>
60. What is ArcGIS? | ArcGIS Resource Center. URL: <https://resources.arcgis.com/ru/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm>
61. WorldView-3 - Earth Online. Earth Online. URL: <https://earth.esa.int/eogateway/missions/worldview-3>